



UNIVERSITAT DE
BARCELONA

Los minerales pesados del Mioceno de la fosa neógena del Vallès-Penedès. Caracterización, evaluación e hipótesis de procedencia

Jaime Esteve Fernández

ADVERTIMENT. La consulta d'aquesta tesi queda condicionada a l'acceptació de les següents condicions d'ús: La difusió d'aquesta tesi per mitjà del servei TDX (www.tdx.cat) i a través del Dipòsit Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha estat autoritzada pels titulars dels drets de propietat intel·lectual únicament per a usos privats emmarcats en activitats d'investigació i docència. No s'autoritza la seva reproducció amb finalitats de lucre ni la seva difusió i posada a disposició des d'un lloc aliè al servei TDX ni al Dipòsit Digital de la UB. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX o al Dipòsit Digital de la UB (framing). Aquesta reserva de drets afecta tant al resum de presentació de la tesi com als seus continguts. En la utilització o cita de parts de la tesi és obligat indicar el nom de la persona autora.

ADVERTENCIA. La consulta de esta tesis queda condicionada a la aceptación de las siguientes condiciones de uso: La difusión de esta tesis por medio del servicio TDR (www.tdx.cat) y a través del Repositorio Digital de la UB (diposit.ub.edu) ha sido autorizada por los titulares de los derechos de propiedad intelectual únicamente para usos privados enmarcados en actividades de investigación y docencia. No se autoriza su reproducción con finalidades de lucro ni su difusión y puesta a disposición desde un sitio ajeno al servicio TDR o al Repositorio Digital de la UB. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR o al Repositorio Digital de la UB (framing). Esta reserva de derechos afecta tanto al resumen de presentación de la tesis como a sus contenidos. En la utilización o cita de partes de la tesis es obligado indicar el nombre de la persona autora.

WARNING. On having consulted this thesis you're accepting the following use conditions: Spreading this thesis by the TDX (www.tdx.cat) service and by the UB Digital Repository (diposit.ub.edu) has been authorized by the titular of the intellectual property rights only for private uses placed in investigation and teaching activities. Reproduction with lucrative aims is not authorized nor its spreading and availability from a site foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service or to the UB Digital Repository is not authorized (framing). Those rights affect to the presentation summary of the thesis as well as to its contents. In the using or citation of parts of the thesis it's obliged to indicate the name of the author.

Universitat de Barcelona



Facultat de Geologia

Departament de Mineralogia, Petrologia i Geologia Aplicada

Los minerales pesados del Mioceno de la fosa neógena del Vallès-Penedès. Caracterización, evaluación e hipótesis de procedencia

Trabajo de investigación que presenta
Jaime Esteve Fernández
para la obtención del Grado de Doctor

Bajo la dirección de los doctores

Manuel Viladevall Solé

Juan Viñals i Olià (†15/11/2013)

Conforme

Conforme p/o

Jaime Esteve Fernández
Doctorando

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todas las personas que han contribuido de alguna manera a que esta tesis doctoral haya sido posible.

En primer lugar, al Dr. Joan Viñals i Olià, del antiguo departamento de *Ciència dels Materials i Enginyeria Metal·lúrgica de la Facultat de Químiques*, compañero de juventud en la recolección de minerales y asistencia a ferias de coleccionismo, experto en química mineral reconocido internacionalmente y con numerosas publicaciones, codirector de esta tesis y desgraciadamente fallecido el pasado (15/11/2013). A él debo la identificación inicial de los minerales APS encontrados en las arenas del Mioceno y del Holoceno y los protocolos para su estudio. También su metodología en la utilización del EDS/SEM y la microsonda.

Al Dr. Manuel Viladevall Solé, tutor y codirector de esta tesis, por sus buenos consejos, dedicación y disponibilidad a lo largo de todo este tiempo.

Gracias a los dos por confiar en mí y por todo vuestro apoyo.

Al Departament de Geoquímica, Petrologia y Prospecció Geològica de la Universitat de Barcelona, por haberme facilitado todo lo necesario para mi actividad investigadora.

A los miembros del departamento por su excelente acogida después de muchos años ejerciendo otras actividades y alejado de la facultad.

Al Dr. Xavier Font, con el que suelo conversar a mi entrada en el departamento de los avances y dificultades de la tesis entre otros temas, siendo su opinión de gran ayuda.

Al Dr. Albert Casas, que iniciaba su actividad docente como profesor de Prospección Geofísica en mi último año de licenciatura. Con él conversábamos a la salida, normalmente tarde, éramos de los últimos y siempre me ofreció su ayuda caso de necesitarla.

A la Dra. Montserrat Inglés, compañera de promoción, por su ayuda en la localización de nódulos de fosfato y al Dr. Domingo Gimeno que me indicó donde podía encontrarlos.

A la Dra. Elisabet Playà por sus consejos en la redacción y presentación de los informes anuales previos a la tesis y a la Dra. Gemma Alias por la corrección de los borradores de algunos capítulos.

Al Sr. Pedro Sanz, técnico de laboratorio, por su ayuda incondicional en todas las maniobras que han sido necesarias para llevar a cabo el tratamiento de las muestras.

Al Sr. Jordi Illa, técnico de laboratorio, por su ayuda en los procesos de corte, pulido y confección de probetas.

A los miembros del *los Serveis Cientificotècnics de la Universitat de Barcelona*, (EDS/SEM, Quanta), Xavier, Ana y Eva, por su trato amable, su asesoramiento continuo y su disposición en todo momento a resolver todas las posibles incidencias.

Al Dr. Jordi Ibañez y al Sr. Josep Elvira del Instituto de Ciències de la Terra "Jaume Almera"-ICTJA (Laboratorio difracción de rayos X), por las difracciones realizadas y los trabajos conjuntos en la identificación y cuantificación de las partículas minerales.

Al Sr. Carles Curto, compañero de promoción y conservador emérito de Museo de Geología de Barcelona, por su ayuda en la descripción de la morfología de las partículas de oro.

Al Sr. Jordi Gil por haberme facilitado de su colección y para su estudio la muestra de oro en matriz de cuarzo de La Garriga.

Y por último pero no menos importante, agradecer a los que habéis vivido más de cerca todo el proceso de realización de esta tesis.

Gracias a Rosa, mi mujer, por ayudarme y por su comprensión, paciencia y apoyo constante a lo largo de todo este tiempo.

Gracias a mis hijos Ricard y Jordi por su apoyo y constante interés por mi salud.

Gracias a la Núria, esposa del Ricard, por su ayuda en la resolución de algunas incidencias en el uso del Word y del Excel.

Gracias especialmente al Jordi por todo el tiempo dedicado a instruirme en el manejo del Photoshop y a resolver todos mis problemas informáticos. También por el diseño y preparación de las cubiertas de la tesis.

Gracias a mis primos biólogos Dr. Antonio Jimeno y su esposa Imma Saumell por la corrección del Abstract.

Gracias a mis familiares y amigos más próximos por comprender que no haya podido compartir con ellos todo el tiempo que hubiesen deseado.

También para todos aquellos que no he citado y que en algún momento me han prestado ayuda o apoyo. Mi más sincero agradecimiento.

RESUMEN

1. Se ha realizado el estudio de los minerales pesados de los materiales detríticos del Mioceno de la fosa neógena del Vallès-Penedès, así como, y con carácter comparativo, los del Holoceno más reciente que aportan los cauces fluviales actuales.

2. Se exponen consideraciones prácticas para la mejora de la metodología de trabajo de laboratorio, de identificación y separación de los minerales pesados.

3. Se cita por primera vez la presencia de minerales APS en el Mioceno y Holoceno, localizando su área fuente en la base del Triásico (Permotrias-Buntsandstein inferior). Se estudian sus propiedades físico-químicas, así como, se propone que su formación tuvo lugar dentro de un ambiente laterítico con posible enriquecimiento supergénico.

4. Se ha realizado un estudio completo (morfológico y físico-químico) de las partículas de oro obtenidas en los distintos puntos de muestreo, estimando la distancia a sus posibles áreas fuente. Se revisan los métodos tradicionales de medida del SFC y del IA, así como, se plantean alternativas para el cálculo del peso de las partículas de oro cuando el tamaño de las mismas es extremadamente pequeño y dificulta su manejo habitual.

5. Se estudian las arenas y gravas del Holoceno para compararlas con las del Mioceno por el que discurren los actuales cauces fluviales. También se describen los materiales de origen antropogénico y sus orígenes.

5.1 - Se expone graficando sobre plano de E a W, la distribución de las abundancias de los minerales pesados de mayor interés de algunos de los afloramientos más representativos situados de forma proximal o equidistante a lo largo de los relieves que delimitan la falla septentrional de la fosa. En algunos casos se pone de manifiesto el valor paleogeográfico de alguna de ellos.

5.2 - Se describen con la ayuda de fotografías las características de los minerales pesados obtenidos para facilitar su identificación visual en estudios posteriores

6. Desde el punto de vista económico, se ha constatado por las cantidades obtenidas (calculadas en gramos/tonelada) que ninguna de las partículas minerales susceptibles de ser utilizadas como recursos de valor industrial, supera el nivel de corte necesario para plantearse un mayor estudio prospectivo en esta zona, siempre teniendo en cuenta el precio actual del metal

7. Se abren nuevos frentes de investigación que se indican al acabar cada capítulo y se resumen en el apartado de conclusiones finales.

PALABRAS CLAVE: *Minerales pesados, Mioceno, Vallès-Penedès, oro, supergrupo de la alunita.*

RESUM

1. S'ha realitzat l'estudi dels minerals pesats dels materials detrítics del Miocè de la fossa neògena del Vallès-Penedès, així com, i amb caràcter comparatiu, els de l'Holocè més recent aportats per els llits fluvials actuals.

2. S'exposen consideracions pràctiques per a la millora de la metodologia de treball de laboratori, d'identificació i separació dels minerals pesants.

3. Se cita per primera vegada la presència de minerals APS en el Miocè i Holocè, localitzant la seva àrea font a la base del Triàsic (Permotrias-Buntsandstein inferior). S'estudien les seves propietats físic-químiques, així com, es proposa que la seva formació va tenir lloc dins d'un ambient laterític amb possible enriquiment supergènic.

4. S'ha realitzat un estudi complet (morfològic i físic-químic) de les partícules d'or obtingudes en els diferents punts de mostreig, estimant la distància a les seves possibles àrees font. Es revisen els mètodes tradicionals de mesura del SFC i del IA, així com, es plantegen alternatives per al càlcul del pes de les partícules d'or quan la grandària de les mateixes és extremadament petita i dificulta la seva maniobrabilitat.

5. S'estudien les sorres i graves de l'Holocè per comparar-les amb les del Miocè pel qual recorren els actuals llits fluvials. També es descriuen els materials d'origen antròpic i els seus orígens.

5.1 - S'exposa de forma gràfica sobre plànol, de E a W, la distribució de les abundàncies dels minerals pesats de major interès d'alguns dels afloraments més representatius situats de forma propera o equidistant al llarg dels relleus que delimiten la falla septentrional de la fossa. En alguns casos es posa de manifest el valor paleogeogràfic d'alguns d'ells.

5.2 - Es descriuen amb l'ajuda de fotografies les característiques dels minerals pesants obtinguts per facilitar la seva identificació visual en estudis posteriors

6. Des del punt de vista econòmic, s'ha constatat per les quantitats obtingudes (calculades en grams/tona) que cap de les partícules minerals susceptibles de ser utilitzades com a recursos de valor industrial, supera el nivell de tall necessari per plantejar-se un major estudi prospectiu en aquesta zona, sempre tenint en compte el preu actual del metall

7. S'obren nous fronts de recerca que s'indiquen en acabar cada capítol i es resumeixen a l'apartat de conclusions finals.

PARAULES CLAU: *Minerals pesants, Miocè, Vallès-Penedès, or, supergrup de l'alunita.*

ABSTRACT

1. The present study includes a survey of the heavy metals in detrital material from Miocene collected in the Vallès-Penedès basin, and a survey of heavy metals in detrital material from the latest Holocene, so as to compare both of them.
2. Some practical considerations to improve methodology to identify and separate heavy metals in the lab.
3. It is cited for the first time the presence of APS minerals in Miocene and Holocene. Its source area has been located at the base of the Triassic (Permian-Triassic/lower Buntsandstein), their physico-chemical properties of these minerals are studied. It is proposed that their formation was within a lateritic medium, with possible supergene enrichment.
4. It has been made a comprehensive review on both morphological and physico-chemical characteristics of gold particles taken in different sampling points, which were estimated according to their possible source area. Traditional methods for measuring SFC and IA are reviewed. There are proposed alternatives to measure the weight and gold particles when they are so small that is very difficult to handle them.
5. Holocene sands and gravels are studied and compared with those of Miocene along the present river beds. Anthropogenic materials and their origin are also described.
 - 5.1- The distributions of the abundance of the most important heavy metal is shown in a E-W map. Some of the most representative outcrops are located near or equidistant from the mountains that delimit the northern fault of the basin. In some cases it is shown their paleographic value.
 - 5.2- The gathered heavy metals are described by means of words and images, so as to facilitate their visual identification in future studies.
6. From an economical point of view it has made clear that none of the mineral particles analyzed are valuable, since their amount (grams/ton) is below the minimum necessary level to think about future prospective plans in that area, regarding the current price of metal.
7. New research fronts are opened. They are exposed in the conclusions of each chapter and summarized in the final results section.

KEYWORDS: *Heavy minerals, Miocene, Vallès-Penedès, gold, alunite supergroup.*

INDICE

| | Página |
|---|-----------|
| 1.- INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES | 9 |
| 1.1.- Situación geográfica..... | 9 |
| 1.2.- Marco geológico | 10 |
| 1.3.- Antecedentes históricos | 18 |
| 2.- OBJETIVOS..... | 20 |
| 3.- METODOLOGÍA DE TRABAJO..... | 21 |
| 3.1.- Trabajos de gabinete y de campo..... | 21 |
| 3.1.1.- Seguimiento bibliográfico | 21 |
| 3.1.2.- Definición de mineral pesado | 21 |
| 3.1.3.- Selección y posición de los puntos de muestreo | 22 |
| 3.1.4.- Toma de muestras | 22 |
| 3.1.5.- Relación de los afloramientos y muestras obtenidas..... | 23 |
| 3.1.6.- Fichas de los afloramientos | 27 |
| 3.2.- Trabajos de laboratorio | 28 |
| 3.2.1.- Clasificación granulométrica de las muestras..... | 28 |
| 3.2.2.- Fracción de tamaño >3,72mm (cantos) | 28 |
| 3.2.3.- Fracción de tamaño ≤3,72mm y >1mm (gravas) | 28 |
| 3.2.4.- Fracción >1mm (arenas, limos y arcillas) | 28 |
| 3.2.5.- Separación de los minerales pesados | 31 |
| 3.2.6.- Captura y selección de partículas | 34 |
| 3.2.7.- Caracterización, identificación y análisis de los minerales pesados | 34 |
| 3.2.8.- Minerales identificados en los distintos afloramientos | 37 |
| 3.2.9.- Repartición dentro de las distintas fracciones electromagnéticas | 38 |
| 3.2.10.-Vista de cada una de las fracciones obtenidas..... | 38 |
| 3.2.11.-Cantidad de minerales pesados separados de las muestras del Mioceno y número de partículas de oro obtenidas | 41 |
| 3.2.12.-Cantidad de minerales pesados separados de las muestras del Holoceno y número de partículas de oro obtenidas | 46 |
| 3.2.13.-Gráficos g/t de los minerales pesados en cada afloramiento y promedios por sector. Promedios de litologías | 51 |
| 3.2.14.-Cuantificación de los minerales pesados en cada muestra..... | 58 |
| 4.- DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DE LOS MATERIALES PESADOS | 23 |
| 4.1.- Descripción y estudio de cada especie mineral..... | 24 |
| 4.1.1.- Consideraciones previas | 63 |
| 4.1.2.- Anatasa | 65 |
| 4.1.3.- Andalucita..... | 68 |
| 4.1.4.- Apatito y Apatito de origen orgánico | 75 |
| 4.1.5.- Circón | 92 |
| 4.1.6.- Corindón..... | 95 |
| 4.1.7.- Epidota y Clinocloro | 98 |
| 4.1.8.- Estauroлита | 116 |
| 4.1.9.- Granates..... | 120 |
| 4.1.10.-Ilmenita..... | 133 |

| | |
|---|----------------|
| 4.1.11.-Oro | 137 |
| 4.1.12.-Óxidos e Hidróxidos de hierro..... | 267 |
| 4.1.13.-Pirita y Pirita oxidada | 284 |
| 4.1.14.-Rutilo | 288 |
| 4.1.15.-Supergrupo de la Alunita..... | 292 |
| 4.1.16.-Titanita..... | 449 |
| 4.1.17.-Turmalinas..... | 452 |
| 4.2.- Descripción de las partículas de origen antrópico | 459 |
| 4.2.1.- Restos metálicos..... | 459 |
| 4.2.2.- Vidrios | 460 |
| 4.2.3.- Microesférulas vítreas | 464 |
| 4.2.4.- Carburo de silicio..... | 466 |
| 4.2.5.- Restos de cerámica y esmaltes cerámicos | 471 |
| 5.- DISCURSIÓN Y CONCLUSIONES | 473 |
| 6.- TEMAS A PROFUNDIZAR..... | 475 |
| REFERENCIAS..... | 477 |
| ANEXOS | 482 |

1.- Introducción y antecedentes

1.1.- Situación geográfica

La fosa del Vallès-Penedès es una depresión tectónica alargada en dirección NE-SW, situada al sudeste de los Pirineos, de más de 100km de longitud y una anchura de 10 a 14km (Fontboté,1954, Bartrina *et al.*,1992), repleta de materiales neógenos y con una profundidad máxima de 4000m. Está dispuesta paralelamente a la costa mediterránea, siendo la unidad central de las Cordilleras Costeras Catalanas (también conocidas como Sistema Mediterráneo o Catalánides). Limita al norte con la Cordillera Prelitoral y al sur con la Cordillera Litoral, las cuales forman una barrera montañosa de unos 250km de longitud y unos 30 a 40km de anchura y aíslan del Mediterráneo las tierras hundidas de la depresión del Ebro (Fig.01).



Figura 01.- Mapa de situación de la fosa neógena del Vallès-Penedès.
(modificado de un original de Google maps)

Es una estructura de relieves suaves de entre 100 y 250 m que se extiende desde el Vallès hasta el Camp de Tarragona. La zona, muy urbanizada e industrializada, dispone de buenas vías de comunicación a los afloramientos miocénicos.

La Cordillera Litoral, es la alineación más cercana a la costa, se extiende desde la comarca del Empordà hasta la del Camp de Tarragona, con una longitud de unos 150 km y altitudes que oscilan de sur a norte, las del macizo del Garraf (Montau-592 m), Collserola (Tibidabo-512 m), Montnegre (Turó Gros-773 m) y Les Gavarres (532 m).

La Cordillera Prelitoral, es la alineación interior, que se extiende desde la desembocadura del río Ter hasta el Montsià, presenta una longitud de unos 250 km y una anchura de 20 a 30 km, siendo su distancia a la costa de 30 a 60 km. En ella se encuentran los mayores picos del sistema: El Montseny (Turó de l'Home-1712 m), Montserrat (Sant Jeroni-1236 m) y la sierra del Port de Tortosa (Mont Caro-1447 m).

Las áreas estudiadas en esta tesis abarcan tres sectores. El primero se sitúa al NE del río Llobregat (Vallès, Selva y Maresme), el segundo al SW (Baix Llobregat, Anoia y Alt Penedès), el tercero corresponde a la semifosa de Vilanova (Garraf). No se ha investigado en el Pla de Barcelona ni en el Baix Penedès

1.2.- Marco Geológico

Las Cordilleras Costeras Catalanas están formadas por una cobertura de edad mesozoica discordante sobre un zócalo hercínico.

En la parte central de las Cordilleras Costeras Catalanas hay dos fosas neógenas: la fosa del Vallès-Penedès y la fosa de Barcelona, en parte sumergida en el Mediterráneo. Ambas están separadas por los horsts de Garraf y de Collserola-Montnegre. (Fig. 02)

El zócalo paleozoico está compuesto principalmente por materiales siliciclásticos y carbonáticos (Cambro-ordovícico, Silúrico, Devónico, Carbonífero y Pérmico), afectados por la orogenia hercínica con diferentes grados de metamorfismo regional y de contacto asociados a las intrusiones de granitoides. El metamorfismo de contacto ha dado lugar a diversos skarns.

Todas estas litologías sufrieron al final del período herciniano una fuerte erosión dando lugar a una penillanura sobre la que se depositó el Mesozoico, encontrándose afectadas por un perfil de rubefacción desarrollado durante el período Pérmico y bajo un clima tropical (Gómes-Gras *et al.*, 1999).

Al principio del Mesozoico (Triásico, Jurásico y Cretácico), actuaron importantes fracturas en el zócalo primario. Las transversales del Llobregat y de Capellades-Vallcarca corresponden a esta época. Estas fallas no solo delimitaron las cuencas sedimentarias durante el Secundario, sino que en el Terciario actuaron de nuevo condicionando la actual red de fallas del Vallès-Penedès y su entorno.

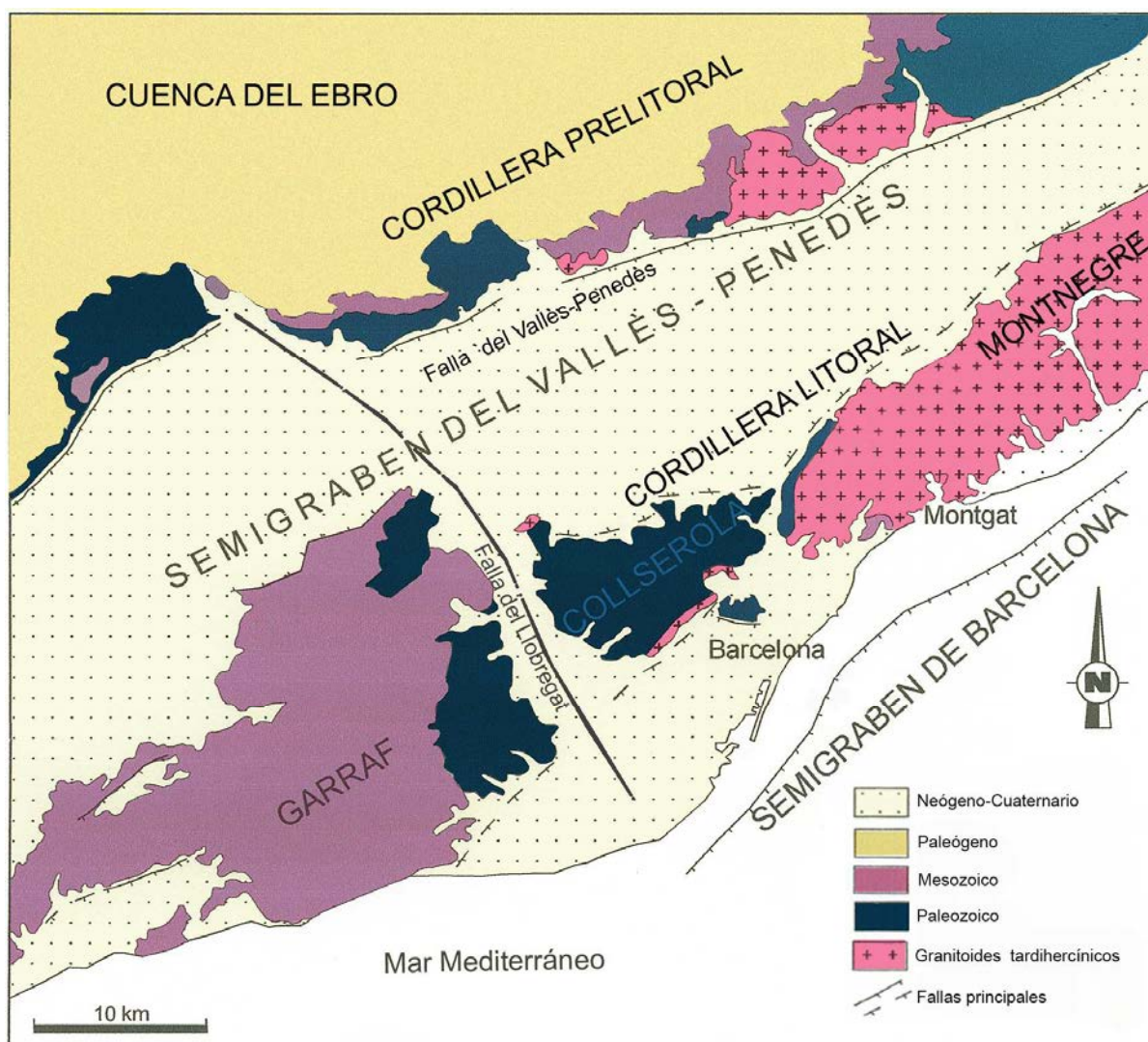


Fig. 02.- Contexto tectónico del área de estudio. Mapa modificado de D. Parcerisa, 1999

El *Triásico* de carácter continental al inicio y posteriormente marino, se encuentra bien representado, especialmente en el Penedès. Está formado por la superposición de tres conjuntos de estratos: El *Buntsandstein* (conglomerados y areniscas rojas), el *Muschelkalk* (calizas y dolomías) y el *Keuper* (margas y yesos).

El *Jurásico* presenta calcáreas y dolomías fértidas de mar cerrado.

El *Cretácico* claramente marino en la costa, es fundamentalmente calcáreo y margocalcáreo, constituyendo la mayor parte del macizo de Garraf. En el interior es continental (bauxitas y similares).

En el Cenozoico y durante el Paleógeno (*Paleoceno*, *Eoceno* y *Oligoceno*) se inician las presiones de la orogenia alpina. El antiguo macizo paleozoico con su cobertera mesozoica fue empujado hacia el W y el NW, rompiéndose por las fallas heredadas del final de la Era Primaria.

Estas fracturas actuaron como fallas inversas y de cizalla. De esta forma el Vallès-Penedès se convirtió en una región emergida y elevada, de donde provenían los sedimentos que los ríos y torrentes erosionaban y transportaban hacia la depresión central catalana, donde existía una importante cuenca sedimentaria.

Los sedimentos del *Paleoceno* y del *Eoceno* se componen fundamentalmente de arcillas, areniscas, conglomerados, margas y calizas detríticas bioclásticas.

Los sedimentos del Oligoceno están compuestos fundamentalmente de conglomerados, microconglomerados, arcosas, areniscas, margas y limolitas.

En el Oligoceno las Cordilleras Costeras Catalanas tenían más de 1900m de altura (Lopez-Blanco *et al.*, 1998). En el Oligoceno superior esta estructura compresiva se invierte y se compartimenta en un sistema extensivo de *horsts* y *grabens* con una orientación general NNE-SSW (Bartrina *et al.*, 1992; Roca y Desegaulx, 1992; Roca *et al.*, 1999). Tanto a nivel regional como para la cuenca del Vallès-Penedès se han definido dos estadios evolutivos en esta etapa extensiva, un primer estadio de *sin-rift* i otro de *post-rift* (Bartrina *et al.*, 1992; Roca y Desegaulx, 1992; Roca *et al.*, 1999):

Estadio de *sin-rift*

Esta etapa de fuerte actividad extensiva aconteció entre el Oligoceno superior y el Burdigaliense inferior. De hecho, es en este momento cuando el margen litoral catalán inició la evolución hacia su configuración estructural y morfológica actual (Llopis, 1947; Roca *et al.*, 1999).

En el Vallès-Penedès la etapa de *sin-rift* se concreta en el desarrollo de dos semifosas, limitadas al norte y al sur por fallas activas (Fontboté, 1954; Cabrera, 1981; Cabrera *et al.*, 1991; Roca *et al.*, 1999).

Es de suponer que a lo largo de los márgenes de ambas semifosas se establecieron sistemas aluviales de diversa extensión. Los relieves que limitaban estas semifosas ya eran similares a los que encontramos actualmente, es decir, al norte la Cordillera Prelitoral y al sur la Cordillera Litoral. Es esta etapa se habrían depositado las dos primeras unidades del Burdigaliense (Unidad Detrítica Basal y Complejo Detrítico-Carbonatado).

Estadio de *post-rift*

A partir del Burdigaliense superior y hasta el Cuaternario el sistema de fracturas del *rift* neógeno del margen catalán pierde actividad y comienza una etapa con predominio de la subsidencia térmica. Esta es la etapa del *post-rift* y se caracterizó por una actividad extensiva restringida exclusivamente a las fallas principales y por el recubrimiento progresivo de los altos tectónicos.

En la cuenca del Vallès-Penedès sólo era activa la falla del norte. La dinámica establecida provocó la fosilización de los márgenes meridionales de la cuenca (Cabrera, 1979). De esta forma, la cuenca se configuró como dos semifosas y por eso las unidades del Burdigaliense solo afloran de manera muy restringida adosadas al límite sur. Los complejos continentales y marinos y de transición se habrían sedimentado durante este estadio, desde el Burdigaliense terminal hasta el Tortoniense.

La fosa del Penedès fue desde entonces sobre todo una cuenca de sedimentación de los materiales erosionados de la Cordillera Prelitoral y de Garraf. Estos materiales al principio fueron continentales pero pronto el mar penetró por el Baix Penedès y por Garraf y depositó espesores apreciables de sedimentos. Durante el Mioceno medio a superior los sedimentos aluviales aportados rellenaron la cuenca del Penedès, dando lugar a sucesivos pulsos regresivos.

Tras una importante etapa erosiva (relacionada con la crisis messiniense) se reinició en el Plioceno la sedimentación continental que no alcanzó espesores apreciables.

La fosa del Vallès fue una cuenca de sedimentación de gravas y conglomerados de tipos continental de los materiales erosionados principalmente de la Cordillera Prelitoral y de la Cordillera Litoral.

Durante el Cuaternario (*Pleistoceno* y *Holoceno*) la sedimentación continental combinada con el encajamiento de la red de drenaje, que confiere al Vallès-Penedès su relieve actual, dio lugar a la formación de unidades aluviales escalonadas.

La depresión-cuenca del Vallès-Penedès

La cuenca del *Vallès-Penedès* se divide aproximadamente en dos mitades por la zona de fallas de orientación NW-SE: el *semigraben* del Vallès, al NE, y el *semigraben* del *Penedès*, al SW.

El límite NW viene determinado por la falla del *Vallès-Penedès* que durante el Neógeno tuvo un salto vertical máximo del orden de hasta casi 4 km en el *Vallès occidental* y *Alt Penedès*, mientras que en otros sectores no sobrepasa los 2 km. Las fallas que limitan la fosa por el lado SE tienen una continuidad lateral y unos saltos verticales a veces muy inferiores, alcanzando solo algunos centenares de metros de salto normal y como máximo 2 km en el *Vallès*. Es pues una fosa marcadamente asimétrica, con una pendiente general del basamento hacia el NW, a consecuencia del salto más importante de la falla que la limita por este lado. Este tipo de fosa se denomina *semifosa* o *semigraben*

De los datos sísmicos y gravimétricos se desprende que el sustrato de la fosa no presenta una pendiente constante hacia el NW, sino que está afectado por fallas que determinan unas zonas más elevadas y otras más hundidas. Dominan las fallas de orientación NE-SW, pero también las hay de orientación NW-SE, que suelen tener un salto y una extensión menores; la interferencia de estos dos sistemas de fallas puede llegar a diferenciar *horsts* y *grabens* menores, generalmente alargados en sentido NE-SW.

A consecuencia de esta estructura, la profundidad a la que se encuentra el sustrato premiocénico es muy variable: en el *Vallès*, cerca de la falla del *Vallès-Penedès*, es donde la profundidad es máxima (puede superar los 4 km), mientras que en *Granollers* es mínima (un sondeo detectó el sustrato a 799 m) y cerca del margen SE vuelve a aumentar (en *Rubí*, los datos sísmicos indican que se encuentra alrededor de los 2000 m, pero disminuye rápidamente hacia el SE). En el *Penedès*, el sondeo de *Martorell I* atravesó el sustrato paleozoico a 2247 m, el de *Sant Sadurní* alcanzó el sustrato cretácico a 850 m.

El buzamiento de las capas neógenas es en general hacia el NW, con pliegues suaves e inflexiones producidas al adaptarse a la estructura en bloques del fondo de la fosa. Los buzamientos son a menudo suaves, pero alcanzan valores superiores a los 30° en función del basculamiento de los bloques fallados. Entre 500 y 1000 m cerca de la falla septentrional, las capas adoptan un buzamiento hacia el SE, y llegan a tener junto a la misma, un buzamiento de 70° SE. (*Fig. 03*)

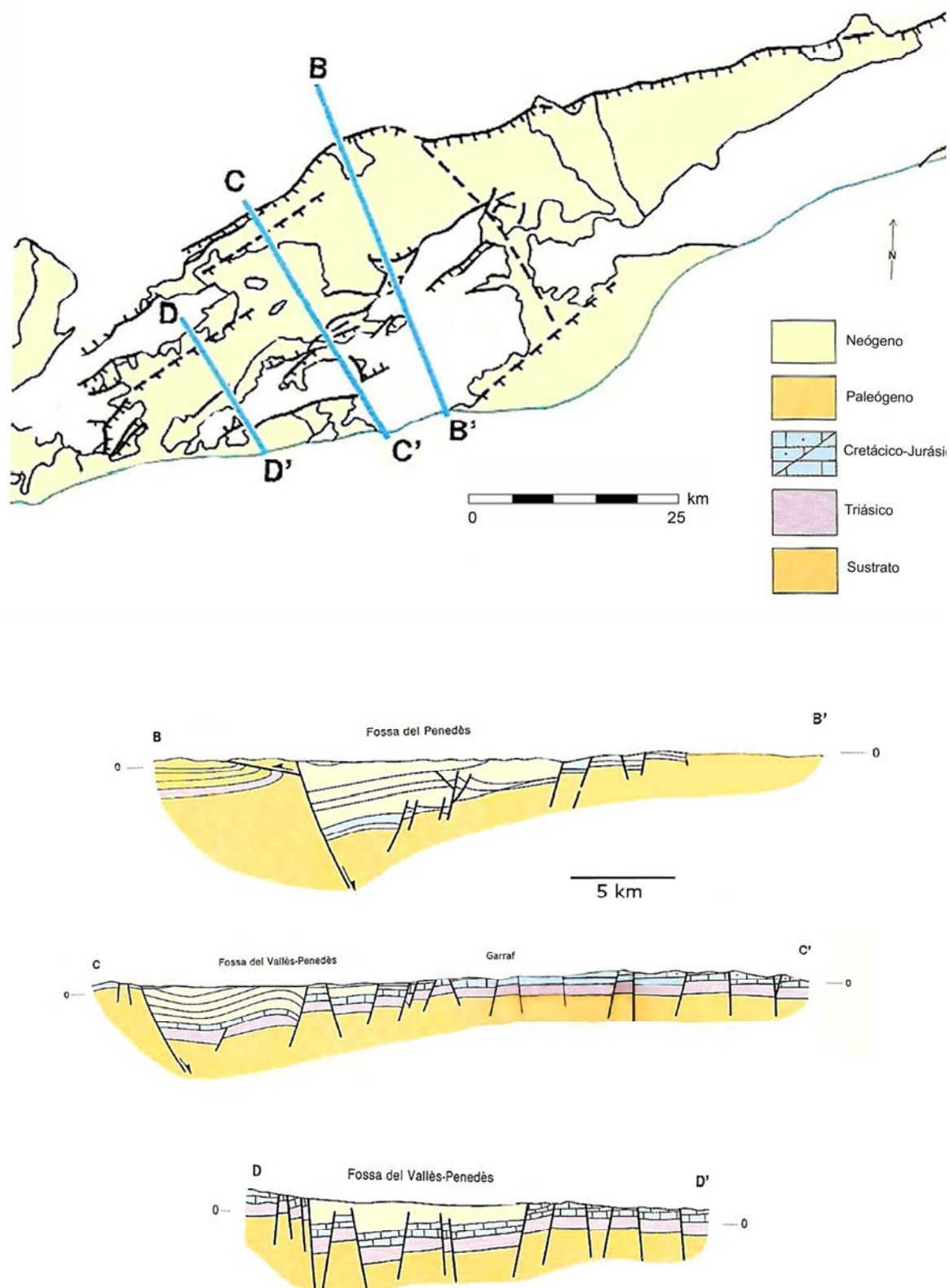


Fig.03.- Estructura neógena de la zona marginal. Las fallas principales (representadas en los cortes) afectan a la cobertura meso-cenozoica y al zócalo herciniano. Dibujo Biopunt a partir de originales de J. Guimerà, E. Roca y Ll. Cabrera.

Los sedimentos miocénicos de la cuenca del *Vallès-Penedès* reposan, en el sector del Vallès, exclusivamente sobre el sustrato paleozoico (pizarras del Cambroordovícico, lilitas de Silúrico y granitoides tardihercinicos). En el *Alt Penedès*, el zócalo está formado por rocas mesozoicas (Cabrera, 1979; Agustí et al., 1985; Bartrina et al., 1992).

El Mioceno que rellena la cuenca del *Vallès-Penedès* ha sido dividido en cuatro complejos estratigráficos (Cabrera et al., 1991), que de base a techo son:

- Complejos continentales inferiores de edad Aquitaniense-Burdigaliense, integrados por depósitos de abanicos aluviales y sistemas lacustres carbonatados, que llegan a mostrar depósitos evaporíticos menores.

- Complejos continentales marinos y de transición con sistemas de depósito siliciclásticos y plataformas arrecifales de edad Burdigaliense superior-Langhiense. Este conjunto sedimentario incluye una unidad evaporítica marina transicional (yesos de *Vilobi*).

- Complejos continentales marinos y de transición con plataformas mixtas carbonáticas-siliciclásticas de edad Serravaliense inferior.

- Complejos continentales superiores de edad Serravaliense-Tortonense (Aragoniense superior-Turoliense; Garces et al., 1996). Esta última unidad está formada por potentes secuencias de *red beds* depositados en sistemas de abanicos aluviales.

Los depósitos marinos y de transición están presentes sobre todo en el *Penedès* y en la semifosa de *Vilanova*, formados fundamentalmente por margas grises y arenas depositadas en zonas litorales y de plataforma externa.

El horst de Collserola-Montnegre

El *horst* del Collserola-Montnegre mide aproximadamente 75 km de longitud por 20 km de anchura.

La parte SW del *horst* corresponde al macizo de *Collserola* y está formado por rocas paleozoicas del Ordovícico superior al Carbonífero y por granitoides (Vaquer, 1973; Gil Ibarguchi i Julibert, 1988; Julivert i Durán, 1990).

El resto del *horst* es el macizo del *Montnegre* compuesto esencialmente por granitoides y localmente por rocas metamórficas estando afectados por la intrusión de diques de pórfidos, aplitas y pegmatitas.

El horst de Garraf

El *horst* de *Garraf* corresponde a un gran bloque basculado hacia el NW, que separa la fosa del *Vallès-Penedès* de las fosas sumergidas debajo del mar, principalmente la fosa de Barcelona. Está dividido en dos mitades por la falla del *Llobregat*, que lo atraviesa siguiendo el *Baix Llobregat*.

Hacia el NE de esta falla aflora casi exclusivamente el zócalo herciniano (rocas ígneas y metamórficas del Paleozoico), en los relieves de *Collserola* y *Montnegre*; hacia el SW en la región del macizo de *Garraf* lo hace la cobertera mesozoica (rocas carbonáticas del Triásico, Jurásico y principalmente Cretácico).

El contacto del *horst* con la fosa del *Vallès-Penedès* tiene lugar, en el *Vallès Occidental* y al NE del *Penedès*, por las fallas antes descritas de orientación NE-SW y salto vertical normal hectométrico, mientras que en el *Vallès Oriental* los materiales miocénicos descansan discordantemente sobre el sustrato herciniano; el contacto con la fosa sumergida de Barcelona tiene lugar por fallas de NE-SW de salto normal quilométrico que hundieren progresivamente las áreas sumergidas.

La evolución estructural del *horst* de *Garraf* es bastante compleja. Durante el Neógeno se formaron *horsts* y pequeñas semifosas en el área de *Garraf* en las cuales también se produjo la sedimentación de materiales miocénicos. Son las foseas de *Sant Andreu de la Barca*, *Ordal*, *Olesa de Bonesvalls* y *Vilanova* (limitada por el NW por una falla normal de orientación ENE-WSW y que es objeto de estudio en esta tesis).

El semigraben de St. Pere de Ribes - Vilanova

El *semigraben* de *St. Pere de Ribes-Vilanova* es una pequeña depresión localizada a unos 50km al SW de Barcelona y desarrollada sobre los materiales mesozoicos del macizo de *Garraf*. Está rellena fundamentalmente de sedimentos del Mioceno medio y cuaternarios. (Fig.04).

La cuenca presenta una geometría asimétrica, y está orientada según la dirección regional ENE-WSW, controlada por fallas normales en dicha dirección en su límite NW, mientras que por el SE esta delimitada por una discordancia. La existencia de un sistema asociado de fracturas, dispuestas ortogonalmente, complica el dispositivo anterior, resultando un basamento estructurado en bloques que configuran pequeñas subcuencas.

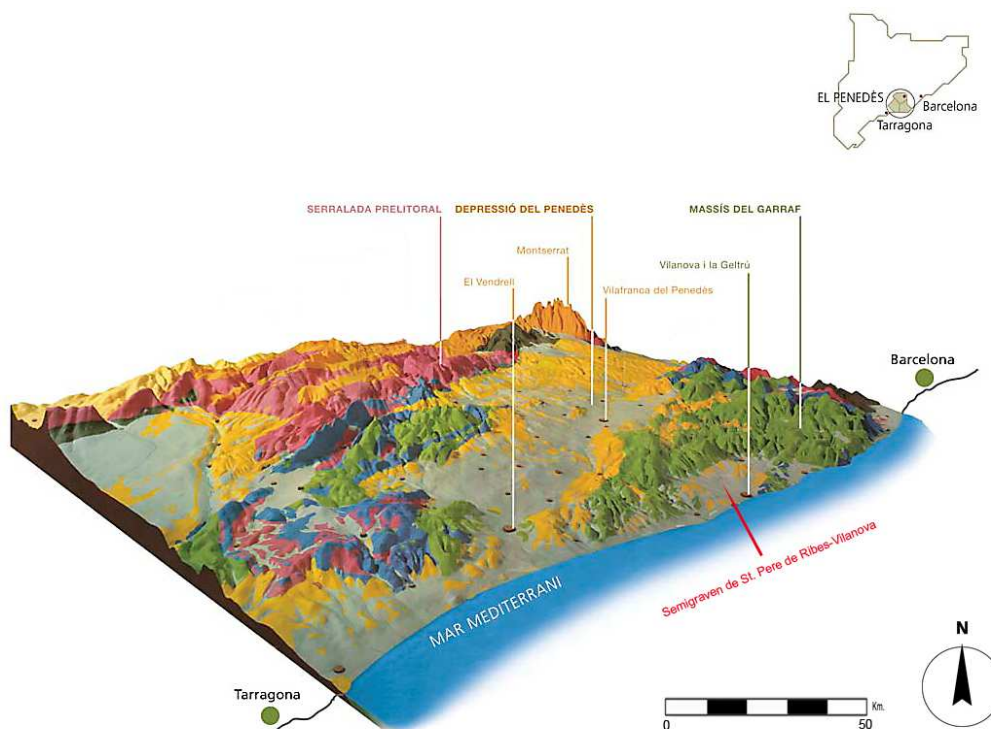


Fig. 04.- Situación del semigraben de Sant Pere de Ribes-Vilanova. Mapa en relieve modificado de www.agustitorellomata.com

Estratigrafía del Mioceno de St. Pere de Ribes-Vilanova

El relleno sedimentario de la semifosa ha sido subdividido en cuatro unidades litoestratigráficas (Ramos, *et al.*, 1994). (Fig.05 y 06).

- Unidad marginal (M0): Brechas asociadas a las fallas de la fosa.
- Unidad conglomerática basal (M1): Brechas que son la base de la formación lagunar de Vilanova.
- Unidad detrítico-carbonatada intermedia (M2): Esta unidad incluye la formación lagunar de Vilanova, excepto la base (M1).
- Unidad detrítica superior (M3): Está constituida por todos los materiales marinos que recubren la unidad lagunar de Vilanova.

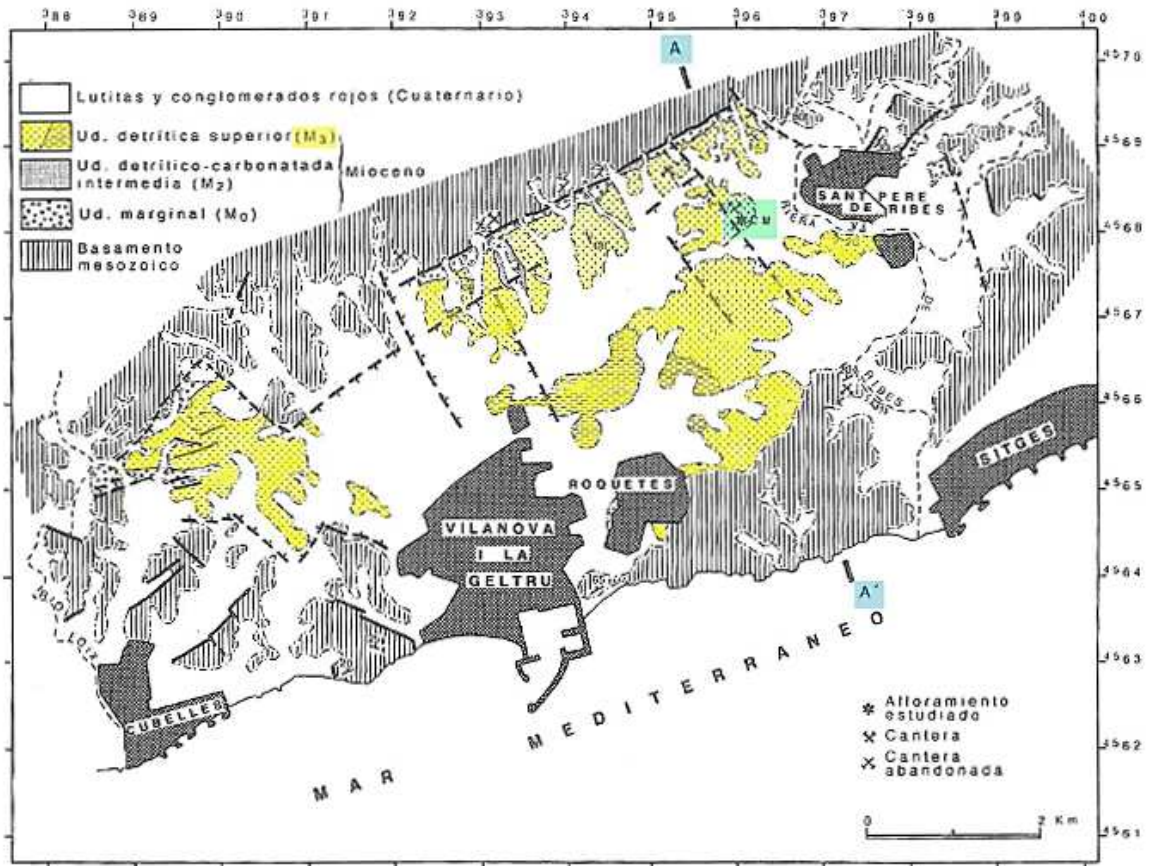


Fig.05.- Esquema geológico de la cuenca de Sant Pere de Ribes-Vilanova .Fuente: E. Ramos *et al.*, 1994

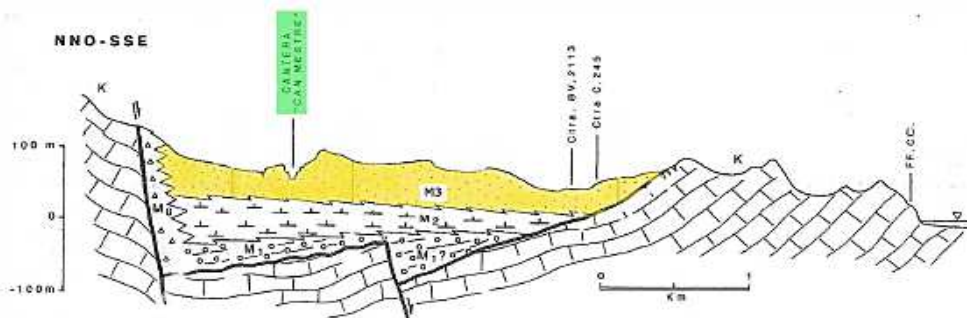


Fig.06.- Corte transversal A-A' de la cuenca (x5 vertical). Fuente: E. Ramos *et al.*, 1994

La unidad M3 está constituida por sedimentos terrígenos y terrígeno-carbonatados medios a finos que constituyen dos conjuntos litológicos claramente diferenciables: uno de granulometría gruesa, predominantemente arenas (donde se han muestreado tres afloramientos para esta tesis), y otro de granulometría fina, predominantemente limolitas y calcisiltitas.

Las arenas en general son masivas, aunque en ocasiones presentan laminaciones cruzadas de gran escala. Se observan indicios de bioturbación y contienen tanto restos fósiles marinos como continentales. Este tramo arenoso intercala niveles conglomeráticos poco potentes constituidos por cantos de carbonatos mesozoicos, así como de cuarzo y rocas ígneas y metamórficas del Paleozoico en los niveles basales. Los cantos paleozoicos se van haciendo más escasos hacia el techo de la serie, registrándose solo cantos de carbonatos jurásicos y cretácicos.

Los materiales de la unidad M3 representan una sedimentación, predominantemente terrígena, en una plataforma marina incluyendo facies de playa y de plataforma somera con diversos grados de restricción.

1.3.- Antecedentes históricos

De los escritos existentes que se han consultado sobre la presencia de oro y otros minerales pesados en el Mioceno del Vallès-Penedès: Pere Gil (1600), S. Calderón (1910), Ll. Tomás (1919), A. Laqué *et al.*, (1993), A. Escusa *et al.*, (1994-95), A. Llobet (1998), M. Viladevall, *et al.*, (1999) se deduce que:

a) Está citada la presencia de oro, tanto en los lechos y zonas de inundación del río Tordera, como en los estratos del Mioceno más próximo.

b) No se han estudiado con detalle los minerales pesados asociados, ni sus posibles áreas fuente.

Respecto a las citas de S. Calderón y de Ll. Tomás que hacen referencia a la presencia de oro en el Montseny asociado a las piritas, es de destacar que durante las campañas de prospección geoquímica y aluvionar a escala estratégica realizadas entre 1981 y 1983 por el Departamento de Prospección Geológica y Geofísica de la U.B. en colaboración con el *Servei Geològic de la Generalitat de Catalunya*, se cita la presencia de oro aluvionar en dos torrentes del *Montseny-Guilleries*.

La muestra encontrada cerca de *La Garriga* en el barranco que va a *Can Poi* y citada por Ll. Tomás, quedaría situada en un torrente dentro de los materiales miocénicos y muy próximo a la falla. Se ha podido localizar un ejemplar de oro en matriz de cuarzo que está etiquetado de la misma localidad y aparece como un legado de 1932 (actualmente pertenece a la colección particular del Sr. Jordi Gil). Su estudio se incorpora en el apartado dedicado al oro.

Todas las referencias históricas citadas anteriormente parecen indicar inicialmente que las áreas fuente del oro serían probablemente los materiales turbidíticos del Paleozoico, del metamorfismo regional i de las rocas que afectadas por el metamorfismo de contacto formaban las cúpulas que recubrían los batolitos graníticos y que una vez desmanteladas por los diferentes procesos erosivos pasaron a rellenar la fosa miocénica.

No hay ningún estudio referente a minerales pesados ni a la presencia de oro en el sector S-SW de la zona (*Alt Penedès*, *Baix Penedès* y fosa de *Vilanova*).

Fragmentos de los textos originales:

Pere Gil, S.I.
Geografía de Catalunya (manuscrito del año 1600)

“Le segon Riu del qual se trau or en Cathaluña es lo riu nomenat Tordera.....De aquest or han vist molts argenters de cathaluña y es or de vint y dos quilats y mitg: y alguns homens de Palau Tordera, y altres que viuen y tenen casa cerca del dit Riu amb poc treball, y poc gasto, y poc perill de perdre son treball se son fet richs. Pero altres no contents de aquesta ganancia, volen guanyar mes, aventuraren altre treball y gasto major y fou voler arribar al manantial, y cercar la mina com de fet la cercaren y cavaren, y gastaren molt, y pensant trobar no trobaren sinó treball y perdua; y restaren per una part burlats, y per altra part pobres y arroïnats...”

Salvador Calderón
Los minerales de Espana – Tomo I
Junta para la Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas
(1910)

*El oro en Cataluña
“como se dice acontece en la pirita que arma en el granito de Montseny (Barcelona)”*

Llorenç Tomas
Els minerals de Catalunya
Treballs de la Institució Catalana d'Historia Natural (1919-1920)

*L'or a la prov. de Barcelona:
“diuen que es presenta en les pirites que es troben entre el granit, a la muntanya del Montseny, si bé en proporcions microscòpiques”.
“El jove i entusiasta conreuer de la Mineralogía D. Francesc Pérez de Olaguer-Feliu. de Barcelona, comunicà en una nota a la Institució Catalana d'Història Natural, en la sessió del primer de febrer de 1914, que a la Garriga, en el barranc que va a can «Poi», prop de la seva propietat «Torre del Padró», recollí un conglomerat de quarcita i calissa que portava petites pintes d'or; però no digué si havia pogut trobar el jaciment in situ, d'on aquell degué provenir”*

A.Laque - A.Rocas - C.Visa
Prospecció al.luvionar en la Tordera
Trabajo de curso (1989)

*“s'ha detectat la presencia d'or tant en el llit del riu actiu com en el bedrock (límit entre sediments consolidats miocènics i materials d'al.luvió quaternaris). Aquests elements aurífers solen estar a un metre per sota l'actual nivell del riu, o bé situats en el límit esmenat”.
“L'or que es troba en la zona prospectada té una forma normalment plana, tot i que hi ha algunes partícules el.líptiques amb volum. Les dimensions oscil.len entre 0,1 mm i 1 mm. Analitzades cualitativa i quantitativament amb el microscopi EDAX, aquestes partícules estan constituïdes per un 98% d'or, i un 2% d'impureses, principalment plata i coure”.*

A. Escusa - D. Layos - P. Sainz - J. Serra
Prospección aluvionar en el río Tordera
Trabajo de Prospección Minera i Geología Económica (1994-95)

“L’estudi que nosaltres hem realitzat seguís la línia de treball traçada des de fa pocs anys per diversos treballs sobre l’or al.luvionar a Catalunya (Viladevall et al, 1991).

“El més destacable és que per primera vegada s’ha trobat or en els materials del Miocè. La partícula en qüestió té una mida de 0,5mm i forma netament plana.”

“Pel que fa a les partícules trobades en el llit del riu, l’existència de les quals ja era coneguda, presenten característiques similars en quant a tamany i forma.”

A. Llobet
Prospección aluvionar Montseny-Vallès Oriental
Trabajo de tesina inédito

“les prospeccions fetes al camp amb batea des de la capçalera del riu Tordera no varen donar positiu en partícules d’or fins passada la falla i un cop dins dels materials del Miocè.”

Con posterioridad hay que destacar que:

El autor en 2008, realiza un estudio inédito titulado: **“Caracterización de los minerales pesados presentes en el Plio-Mioceno detrítico de la fosa neógena del Vallès-Penedès”** donde se sientan los objetivos y la metodología para la realización de esta Tesis.

En 2009, el mismo, dirige un trabajo de fin de carrera (TFG) del Sr. Roger Puig-Serra i Tusell titulado **“Estudi i caracterització de l’or i els minerals pesants del Neogen a la zona del Baix Montseny”**, donde ya se aplica en buena parte la metodología acordada.

2.- Objetivos

Identificar la presencia y el origen de los diferentes minerales pesados, entre ellos el oro, en los sedimentos miocénicos y cuaternarios de la fosa Neógena del Vallès Penedès, con el fin de evaluar su interés económico y de su divulgación.

Para ello se ha desarrollado una batería metodológica consistente en:

- a. Caracterización morfológica y físico - química de los distintos minerales.
- b. Selección y estudio de mayor detalle para aquellos minerales que por sus características específicas, entre ellas su distribución, aporten una mayor información para la localización o modelización de sus posibles áreas fuente y en consecuencia su interés paleogeográfico.

3.- Metodología de trabajo

3.1.- Trabajos de gabinete y de campo

3.1.1.- Seguimiento bibliográfico

Durante todo el proceso de elaboración de la tesis, se ha ido actualizando la bibliografía disponible al inicio con las nuevas publicaciones aparecidas y sus referencias.

Se ha consultado con frecuencia el **crai.ub**, así como diferentes **webs en Internet** que están relacionadas en el apartado de referencias situado al final de la tesis.

3.1.2.- Definición de minerales pesados

El análisis y estudio de los minerales pesados es una de las técnicas más utilizadas para determinar la fuente de procedencia de los materiales que constituyen las rocas sedimentarias.

Definición:

Son diversos los autores que en sus artículos hacen referencia a lo que se considera como minerales pesados, entre ellos:

A. Parfenoff *et al.*, 1970

Separación por densidad:

Los líquidos densos más empleados son el bromoformo y el yoduro de metileno, que nos permiten obtener:

- Una fracción "ligera" de densidad inferior a 2,9 gr/cm³, que contiene una gran parte de los minerales esenciales de las rocas y en particular el cuarzo.

- Dos fracciones "pesadas" de densidad superior a 2,9 gr/cm³: Una de densidad comprendida entre 2,9 y 3,3, agrupando, entre otros, numerosos silicatos y otra de densidad superior a 3,3 que corresponde más especialmente a los minerales que tienen una mayor importancia económica.

Maria A. Mange y Heinz F. W. Maurer, 1992

Para la separación de los minerales se utilizan líquidos con densidades 2,89 gr/cm³ (bromoformo) o 2,96 gr/cm³ (tetrabromuro etano). Los minerales de alta densidad se hunden en estos líquidos, de ahí el nombre de minerales "pesados".

H. Stendal y P.K. Theobald, 1994

Los minerales con una densidad de 2,9 gr/cm³, o más, se denominan minerales pesados. Esta definición se basa en el peso específico de los líquidos pesados más comúnmente utilizados en la separación de minerales, que van desde 2,89 hasta los 2,96 gr/cm³. Mertie (1954) distingue además entre "minerales pesados accesorios", tales como minerales de hierro, circón, monacita y "minerales semi-pesados, ejemplificados por el granate, biotita o sillimanita". En la literatura alemana, minerales pesados son los que tienen densidades mayores de 4,2 gr/cm³ y los minerales con densidades de 2,9 a 4,2 gr/cm³ se designan como minerales semi-pesados. Otra subdivisión comúnmente utilizada de minerales pesados es el peso específico de 3,3 gr/cm³, correspondiente al yoduro de metileno (por ejemplo, Brundin y Bergstrom, 1977).

Los minerales pesados, en esta tesis, se han definido como aquellos minerales accesorios menores de las rocas cuyo peso específico es superior a $3,05 \text{ gr/cm}^3$.

Hemos utilizado para la separación el Licor de Thoulet de densidad $3,05 \text{ gr/cm}^3$, para evitar la presencia de aquellos minerales que no son de interés para nuestro estudio, como la dolomita, la calcita, la moscovita, el cuarzo, los feldspatos y la mayor parte de líticos.

3.1.3.- Selección y posición de los puntos de muestreo

Para la localización e identificación de los sedimentos y la elección de los posibles puntos de muestreo se ha utilizado el programa *Vissir* de l'Institut Cartogàfic de Catalunya (<http://www.icc.cat/vissir3/>), que nos facilita la visión a diferentes escalas de los mapas geológicos, los topográficos y las ortoimágenes, de forma individual o combinada, incluyendo las lecturas para cada una de ellas.

Para la identificación de los sedimentos también se ha utilizado la cartografía geológica a escala 1:50.000 realizada por el I.C.C./I.G.M.E (2006).

Para situar de forma precisa cada una de los afloramientos (coordenadas UTM), se ha utilizado un GPS de campo y las diferentes opciones disponibles en el *Vissir3*.

Posteriormente cada afloramiento se sitúa sobre un plano topo/geológico a escala 1:250.000 para disponer de una visión general, y a escalas inferiores para observaciones de mayor detalle.

3.1.4.- Toma de muestras

El punto seleccionado para la toma de la muestra va en función de la calidad del afloramiento y de su accesibilidad.

En cada afloramiento el volumen de las muestras ha sido de 20 a 30 litros, obtenidas de forma sistemática o selectiva en función de las características del mismo y transportadas en bolsas de plástico o capazos de goma.

La obtención sistemática consiste en realizar una ráfaga de arriba a abajo en el frente del sedimento tomando todas las capas posibles dentro de los límites personales.

La obtención selectiva se aplica cuando nos interesa obtener una mayor concentración de minerales pesados. Consiste en recoger al pie del frente del sedimento las arenas que por desprendimiento se han acumulado a consecuencia de la erosión meteórica, seleccionando aquellos puntos donde suponemos puede haber una mayor porcentaje de minerales pesados.

Dentro de un mismo afloramiento, en ocasiones, se ha recogido más de una muestra para comparar el contenido de minerales pesados en diferentes capas, como por ejemplo en el afloramiento de *l'Azalea* (JE-028-VOR) donde la muestra (027VOR) corresponde a una capa de conglomerados y la muestra (028VOR) a una de arenas.

Se han obtenido un total de 127 muestras de las cuales 67 corresponden a sedimentos del Mioceno, 56 al Holoceno más reciente y el resto a rocas intrusivas.

Para la toma de muestras en ríos y rieras, se ha tenido en cuenta la dinámica fluvial. Se han recogido en los puntos donde se localizan trampas susceptibles de provocar la caída de la velocidad del fluido y en consecuencia el depósito de los pesados transportados.

En algunos casos se han ido tomando pequeñas cantidades en la base del talud o a lo largo de los márgenes del cauce (muestra selectiva), mientras que en otros se ha excavado (muestra sistemática) hasta obtener la cantidad deseada.

En la relación de muestras, se observa que algunas de ellas son de pesos <10kg. Estas corresponden a un trabajo del autor anterior a la tesis y no estarían dentro de la metodología que se estableció posteriormente. Las hemos considerado, porque la información que aportan es totalmente válida. Se han obtenido de nuevo las de mayor interés en las cantidades establecidas.

3.1.5.- Relación de los afloramientos y codificación de las muestras








Se han dividido en sectores los afloramientos muestreados, agrupando en cada uno, tanto los correspondientes al Mioceno de la fosa, como los del Holoceno de los cauces fluviales que circulan por ella, así como también, los de algunas rocas intrusivas disgregadas.

Tomando como base el plano geológico a escala 1:50.000 del ICC/GME-2006 y dentro de cada sector hemos situado las diferentes muestras obtenidas, codificándolas y señalizándolas mediante círculos de color en función de su punto de obtención (ver plano por sectores en el DVD adjunto).

Denominación de los sectores:

| | |
|-----------------|-----------------|
| Sector 01 - SEL | Sector 05 - BLL |
| Sector 02 - MAR | Sector 06 - AN |
| Sector 03 - VOR | Sector 07 - AP |
| Sector 04 - VOC | Sector 08 - GA |

Codificación y señalización de las muestras en función del punto de obtención.

| Señalización | Codificación | Punto de obtención |
|---|--------------|---|
|  | SMI | Sedimentos del Mioceno |
|  | GRPAMI | Holoceno - En los márgenes de un cauce fluvial con origen externo a la falla septentrional y toma de muestra en el Mioceno. |
|  | GRPA | Holoceno - En los márgenes de un cauce fluvial con origen externo a la falla septentrional y toma de muestra antes del Mioceno. |
|  | GRMI | Holoceno - En los márgenes de un cauce fluvial con origen y fin en el Mioceno. |
|  | xx/TRR | En terrazas levantadas. Se añade TRR a las codificaciones anteriores. |
|  | RINT | En rocas intrusivas disgregadas. |
|  | GRQU | Sedimentos del Cuaternario |

Nomenclaturas utilizadas:

Ejemplos: Afloramiento: JE-012-VOR
 Afloramiento situado en los planos: 012VOR
 Muestra: 12VOR
 Partícula: 12VOR-xx

SECTOR 01 - SEL

| Afloramiento | Muestra | UTMX | UTMY | Nombre afloramiento | Edad | Código |
|--------------|---------|----------|-----------|----------------------|----------|--------|
| JE-003-SEL | 03SEL | 473086 E | 4621471 N | Riera Sta. Coloma | Holoceno | GRPAMI |
| JE-004-SEL | 04SEL | 472288 E | 4621858 N | Riera de la Teuleria | Holoceno | GRPAMI |
| JE-005-SEL | 05SEL | 468894 E | 4620392 N | Riera de Arbucies | Holoceno | GRPAMI |
| JE-009-SEL | 06SEL | 465155 E | 4624614 N | Riera de Arbucies | Holoceno | GRPA |
| JE-010-SEL | 10SEL | 463534 E | 4619789 N | Riera de Sant Llop | Holoceno | GRPAMI |
| JE-011-SEL | 11SEL | 467730 E | 4622198 N | Riera de Arbucies | Holoceno | GRPAMI |
| JE-013-SEL | 13SEL | 463793 E | 4625046 N | Riera de Arbucies | Holoceno | GRPAMI |
| JE-014-SEL | 14SEL | 462582 E | 4622336 N | Cerámica J.Aragay | Mioceno | SMI |

SECTOR 02 - MAR

| Afloramiento | Muestra | UTMX | UTMY | Nombre afloramiento | Edad | Código |
|--------------|---------|----------|-----------|---------------------|----------|--------|
| JE-001-MAR | 01MAR | 453173 E | 4598756 N | Camí Ral de Mataró | Holoceno | GRCL |
| JE-002-MAR | 02MAR | 476629 E | 4617064 N | Tordera-01 | Holoceno | GRPAMI |
| JE-003-MAR | 03MAR | 476629 E | 4617064 N | Tordera-02 | Holoceno | GRPAMI |
| JE-004-MAR | 04MAR | 476619 E | 4616944 N | Tordera-03 | Holoceno | GRPAMI |
| JE-005-MAR | 05MAR | 451071 E | 4599701 N | Riera Argentona | Holoceno | GRCL |
| JE-006-MAR | 06MAR | 476629 E | 4617064 N | Tordera-01 (2ª) | Holoceno | GRPAMI |
| JE-007-MAR | 07MAR | 476629 E | 4617064 N | Tordera-02 (2ª) | Holoceno | GRPAMI |
| JE-008-MAR | 08MAR | 476619 E | 4616944 N | Tordera-03 (2ª) | Holoceno | GRPAMI |
| JE-009-MAR | 09MAR | 451071 E | 4599701 N | Riera Argentona f/c | Holoceno | GRCL |

SECTOR 03 - VOR

| Afloramiento | Muestra | UTMX | UTMY | Nombre afloramiento | Edad | Código |
|--------------|----------|----------|-----------|------------------------|-------------|--------|
| JE-001-VOR | 01VOR | 436990 E | 4606987 N | Riera de Tenes | Holoceno | GRPAMI |
| JE-002-VOR | 02VOR | 442780 E | 4602704 N | Río Mogent | Holoceno | GRPAMI |
| JE-003-VOR | 03VOR | 442613 E | 46032890N | Can Ribes | Mioceno | SMI |
| JE-004-VOR | 04VOR | 436814 E | 4606059 N | Lliça M. BV-1602 | Mioceno | SMI |
| JE-005-VOR | 05VOR | 437083 E | 4605046 N | Lliça V./R. Tenes | Holoceno | GRPAMI |
| JE-006-VOR | 06VOR | 436379 E | 4607869 N | Can Carreres | Mioceno | SMI |
| JE-007-VOR | 07VOR | 439124 E | 4605500 N | Coll de la Manya | Mioceno | SMI |
| JE-008-VOR | 08VOR | 441288 E | 4611929 N | Río Congost | Holoceno | GRPAMI |
| JE-009-VOR | 09VOR | 430939 E | 4607760 N | Riera de Caldes | Holoceno | GRPAMI |
| JE-010-VOR | 10VOR-01 | 441013 E | 4610046 N | El Falgar (S1-A) | Mioceno | SMI |
| JE-010-VOR | 10VOR-02 | 441013 E | 4610046 N | El Falgar (S1-B) | Mioceno | SMI |
| JE-010-VOR | 10VOR-03 | 441013 E | 4610046 N | El Falgar (S1-Q1) | Cuaternario | GRQU |
| JE-010-VOR | 10VOR-04 | 441051E | 4610046N | El Falgar (S2-A) | Mioceno | SMI |
| JE-010-VOR | 10VOR-05 | 441051E | 4610046N | El Falgar (S2-(B+C)) | Mioceno | SMI |
| JE-010-VOR | 10VOR-06 | 441093E | 4610046N | El Falgar (S3-A) | Mioceno | SMI |
| JE-010-VOR | 10VOR-07 | 441093E | 4610046N | El Falgar (S3-B) | Mioceno | SMI |
| JE-010-VOR | 10VOR-08 | 441093E | 4610046N | El Falgar (S3-C) | Mioceno | SMI |
| JE-010-VOR | 10VOR-09 | 441129E | 4610046N | El Falgar (S4-A) | Mioceno | SMI |
| JE-010-VOR | 10VOR-10 | 441129E | 4610046N | El Falgar (S4-B) | Mioceno | SMI |
| JE-010-VOR | 10VOR-11 | 441129E | 4610046N | El Falgar (S4-C) | Mioceno | SMI |
| JE-010-VOR | 10VOR-12 | 441129E | 4610046N | El Falgar (S4-(Q1+Q2)) | Cuaternario | GRQU |
| JE-011-VOR | 11-VOR | 464365 E | 4619338 N | Tordera/Pont fusta | Holoceno | GRPAMI |

SECTOR 03 - VOR (Continuación)

| Afloramiento | Muestra | UTMX | UTMY | Nombre afloramiento | Edad | Código |
|--------------|---------|----------|-----------|--------------------------|----------|------------|
| JE-012-VOR | 12VOR | 464554 E | 4619139 N | Riera Fuirosos | Holoceno | GRPA |
| JE-013-VOR | 13VOR | 460988 E | 4618203 N | Riera de Gualba | Holoceno | GRPAMI |
| JE-014-VOR | 14VOR | 454201 E | 4617476 N | S.Mª Palautordera | Holoceno | GRPAMI |
| JE-015-VOR | 15VOR | 430939 E | 4607760 N | Riera de Caldes | Holoceno | GRPAMI |
| JE-016-VOR | 16VOR | 443091 E | 4608550 N | Can Mateu | Mioceno | SMI |
| JE-017-VOR | 17VOR | 443011 E | 4609011 N | Camí vell Granoll. | Mioceno | SMI |
| JE-018-VOR | 18VOR | 442811 E | 4612254 N | Ca l'Aimeric | Mioceno | SMI |
| JE-019-VOR | 19VOR | 446395 E | 4611043 N | Riera de Vallforners | Holoceno | GRMI |
| JE-020-VOR | 20VOR | 446360 E | 4611023 N | Riera de Vallforners | Mioceno | SMI |
| JE-021-VOR | 21VOR | 451272 E | 4612139 N | St.A.Vilamajó/Collet | Holoceno | GRMI |
| JE-022-VOR | 22VOR | 451757 E | 4611832 N | Cerámicas Llinars | Mioceno | SMI |
| JE-023-VOR | 23VOR | 451757 E | 4611832 N | Cerámicas Llinars | Mioceno | SMI |
| JE-024-VOR | 24VOR | 443872 E | 4608583 N | Vinya del Bell.lloc | Mioceno | SMI |
| JE-025-VOR | 25VOR | 452939 E | 4618973 N | Can Jeroni-Can Marc | Mioceno | SMI |
| JE-026-VOR | 26VOR | 452875 E | 4619013 N | Can Jeroni-Can Marc | Mioceno | SMI |
| JE-027-VOR | 27VOR | 458893 E | 4617141 N | L'Azalea (St. Celoni) | Mioceno | SMI |
| JE-028-VOR | 28VOR | 458893 E | 4617141 N | L'Azalea (ST. Celoni) | Mioceno | SMI |
| JE-029-VOR | 29VOR | 452841 E | 4619179 N | Riera del Sot Gran | Holoceno | GRMI |
| JE-030-VOR | 30VOR | 452612 E | 4619087 N | Tordera Can Marc | Holoceno | GRPAMI |
| JE-031-VOR | 31VOR | 458146 E | 4616403 N | Esc.J.Pallerola i Roca | Mioceno | SMI |
| JE-032-VOR | 32VOR | 455103 E | 4616373 N | Abocador St. Celoni | Mioceno | SMI |
| JE-033-VOR | 33VOR | 452001 E | 4619644 N | Ca l'Auleda | Holoceno | GRPAMI |
| JE-034-VOR | 34VOR | 451945 E | 4613225 N | Terraza Can Diviu | Holoceno | GRPAMI/TRR |
| JE-035-VOR | 35VOR | 453857 E | 4611757 N | V.Sasserra-ca n'Agell | Mioceno | SMI |
| JE-036-VOR | 36VOR | 455650 E | 4614466 N | Molí del pedrenyal | Holoceno | GRPAMI |
| JE-037-VOR | 37VOR | 461512 E | 4618679 N | Cal Neiro-Gualba B. | Mioceno | SMI |
| JE-038-VOR | 38VOR | 461125 E | 4618467 N | Gualba B-C251-60,6 | Mioceno | SMI |
| JE-039-VOR | 39VOR | 458572 E | 4620661 N | Riera Gualba de Dalt | Holoceno | GRPA |
| JE-040-VOR | 40VOR | 449885 E | 4615144 N | Riera Can Llobera | Holoceno | GRMI |
| JE-041-VOR | 41VOR | 450318 E | 4614750 N | St.A.V. c/Ulzinelles | Mioceno | SMI |
| JE-042-VOR | 42VOR | 454752 E | 4615413 N | S.Mª.P - La Serra | Mioceno | SMI |
| JE-043-VOR | 43VOR | 446605 E | 4616000 N | Riera de Cànoves | Holoceno | GRPAMI |
| JE-044-VOR | 44VOR | 454440 E | 4611379 N | Canadà Park-Vill.Sas | Granito | RINT |
| JE-045-VOR | 45VOR | 455858 E | 4619133 N | Ermita. Sant Guillem | Plioceno | Plioceno |
| JE-048-VOR | 48VOR | 441576E | 4615058N | Exc.C/Les Alzines | Mioceno | SMI |
| JE-049-VOR | 49VOR | 441258E | 4615260N | T. Mesquita parte baja | Holoceno | GRPAMI |
| JE-050-VOR | 50VOR | 441594E | 4615420N | T. Mesquita parte alta | Holoceno | GRPAMI |
| JE-051-VOR | 51VOR | 441799E | 4615486N | T. Can Pascual - alta | Holoceno | GRPA |
| JE-052-VOR | 52VOR | 441934E | 4614731N | T. Can Pascual - baja | Holoceno | GRPAMI |
| JE-053-VOR | 53VOR | 441381E | 4614138N | B. Malhivern (antrópico) | Mioceno | SMI |
| JE-054-VOR | 54VOR | 441392E | 4614145N | B. Malhivern (cantera) | Mioceno | SMI |
| JE-055-VOR | 55VOR | 441580E | 4614186N | T. Malhivern (+terrazza) | Holoceno | GRPAMI/TRR |

SECTOR 04 - VOC

| Afloramiento | Muestra | UTMX | UTMY | Nombre afloramiento | Edad | Código |
|--------------|---------|----------|-----------|----------------------|----------|--------|
| JE-001-VOC | 01VOC | 426373 E | 4601166 N | Río Ripoll | Holoceno | GRPAMI |
| JE-004-VOC | 04VOC | 426373 E | 4601166 N | Río Ripoll/2 | Holoceno | GRPAMI |
| JE-005-VOC | 05VOC | 427583 E | 4605836 N | Sentmenat/Sabadell | Mioceno | SMI |
| JE-006-VOC | 06VOC | 419986 E | 4604474 N | Matadepera | Mioceno | SMI |
| JE-007-VOC | 07VOC | 418607 E | 4606428 N | Riera Arenes | Holoceno | GRPAMI |
| JE-008-VOC | 08VOC | 416679 E | 4604273 N | Can Colomer | Mioceno | SMI |
| JE-009-VOC | 09VOC | 429378 E | 4601956 N | Can Serra | Mioceno | SMI |
| JE-010-VOC | 10VOC | 410860 E | 4601587 N | Olesa B-120 | Mioceno | SMI |
| JE-011-VOC | 11VOC | 415909 E | 4590863 N | Castellbisbal | Mioceno | SMI |
| JE-012-VOC | 12VOC | 413836 E | 4602185 N | Ctra. Terrassa-Vilad | Mioceno | SMI |
| JE-013-VOC | 13VOC | 411846 E | 4600727 N | Depuradora Vil-Oles | Mioceno | SMI |
| JE-014-VOC | 14VOC | 422361 E | 4597165 N | St. Quirze BV-1413 | Mioceno | SMI |

SECTOR 05 - BLL

| Afloramiento | Muestra | UTMX | UTMY | Nombre afloramiento | Edad | Código |
|--------------|---------|---------|----------|------------------------|----------|--------|
| JE-001-BLL | 01BLL | 408946E | 4600571N | Olesa-Vilad (B-120) | Mioceno | SMI |
| JE-002-BLL | 02BLL | 409095E | 4600772N | Les Comes | Mioceno | SMI |
| JE-003-BLL | 03BLL | 408540E | 4600086N | Salida Olesa-Viladecav | Mioceno | SMI |
| JE-004-BLL | 04BLL | 411881E | 4596334N | Ullastrell BV-1202 | Mioceno | SMI |
| JE-005-BLL | 05BLL | 410549E | 4594454N | Riera del Morral | Holoceno | GRPAMI |

SECTOR 06 - AN

| Afloramiento | Muestra | UTMX | UTMY | Nombre afloramiento | Edad | Código |
|--------------|---------|----------|-----------|---------------------|-----------|------------|
| JE-001-AN | 01AN | 394350 E | 4597085 N | Bóviles,C2242,km.2 | Mioceno | SMI |
| JE-002-AN | 02AN | 391180 E | 4597846 N | Pont de Capellades | Aplita | RINT |
| JE-003-AN | 03AN | 391180 E | 4597846 N | Pont de Capellades | Lamprófid | RINT |
| JE-004-AN | 04AN | 391180 E | 4597846 N | Pont de Capellades | Granito | RINT |
| JE-005-AN | 05AN | 394682 E | 4597651 N | Cantera bóviles | Mioceno | SMI |
| JE-006-AN | 06AN | 393524 E | 4594885 N | Terraza Badorc | Holoceno | GRPAMI/TRR |
| JE-007-AN | 07AN | 394682 E | 4596388 N | Cruce rieras | Holoceno | GRPAMI |
| JE-008-AN | 08AN | 394640 E | 4596526 N | Barranc de Can Mata | Mioceno | SMI |
| JE-009-AN | 09AN | 397088 E | 4590615 N | La Fortesa-C.Rector | Holoceno | GRPAMI |

SECTOR 07 - AP

| Afloramiento | Muestra | UTMX | UTMY | Nombre afloramiento | Edad | Código |
|--------------|---------|----------|-----------|---------------------|----------|------------|
| JE-001-AP | 01AP | 397330 E | 4583825 N | Ca l'Artiges | Mioceno | SMI |
| JE-002-AP | 02AP | 397330 E | 4583825 N | Ca l'Artiges | Holoceno | GRMI |
| JE-003-AP | 03AP | 395395 E | 4588582 N | Río Bitlles | Holoceno | GRPAMI |
| JE-004-AP | 04AP | 394163 E | 4589174 N | Lavit – B. Pineda | Holoceno | GRPAMI/TRR |

SECTOR 07 - AP (Continuación)

| Afloramiento | Muestra | UTMX | UTMY | Nombre afloramiento | Edad | Código |
|--------------|---------|----------|-----------|-----------------------|----------|--------|
| JE-005-AP | 05AP | 405339 E | 4589821 N | La Rierussa-01 | Holoceno | GRMI |
| JE-006-AP | 06AP | 405323 E | 4589857 N | La Rierussa-02 | Holoceno | GRMI |
| JE-007-AP | 07AP | 401597 E | 4587319 N | Pas Les Piles-01 | Mioceno | SMI |
| JE-008-AP | 08AP | 401106 E | 4587119 N | Pas Les Piles | Holoceno | GRPAMI |
| JE-009-AP | 09AP | 389973 E | 4590148 N | St. Quintí de Mediona | Mioceno | SMI |
| JE-010-AP | 10AP | 391081 E | 4591896 N | Can Regata de Baix | Mioceno | SMI |
| JE-011-AP | 11AP | 401564 E | 4587319 N | Pas de les Piles-02 | Mioceno | SMI |
| JE-012-AP | 12AP | 401736 E | 4587307 N | Pas de les Piles-03 | Mioceno | SMI |

SECTOR 08 - GA

| Afloramiento | Muestra | UTMX | UTMY | Nombre afloramiento | Edad | Código |
|--------------|---------|----------|-----------|----------------------|---------|--------|
| JE-001-GA | 01GA-01 | 395732 E | 4568302 N | S. Mestre N-1 | Mioceno | SMI |
| JE-001-GA | 01GA-02 | 395732 E | 4568302 N | S. Mestre N-2 | Mioceno | SMI |
| JE-001-GA | 01GA-03 | 395732 E | 4568302 N | S. Mestre N-3 | Mioceno | SMI |
| JE-001-GA | 01GA-04 | 395732 E | 4568302 N | S. Mestre N-4 | Mioceno | SMI |
| JE-001-GA | 01GA-05 | 395732 E | 4568302 N | S. Mestre N-5 | Mioceno | SMI |
| JE-001-GA | 01GA-06 | 395732 E | 4568302 N | S. Mestre N-6 | Mioceno | SMI |
| JE-001-GA | 01GA-08 | 390200 E | 4568971 N | Barraca del Bruno | Mioceno | SMI |
| JE-001-GA | 01GA-09 | 394404 E | 4565969 N | Autovía Vilanova | Mioceno | SMI |
| SPR-001A | SPR-01A | 395732 E | 4568302 N | S. Mestre - global A | Mioceno | SMI |
| SPR-001B | SPR-01B | 395732 E | 4568302 N | S. Mestre - global B | Mioceno | SMI |

3.1.6.- Fichas de los afloramientos

Se han confeccionado para cada afloramiento, incluyendo todos los datos de campo y los resultados obtenidos en el laboratorio, así como las hipótesis de localización de las posibles áreas fuente.

En el DVD adjunto a la tesis y para cada sector, acompañando al plano topográfico/geológico donde se sitúan las muestras, se acompaña como modelo una ficha correspondiente a un afloramiento que podemos considerar como referente del Mioceno para ese sector.

Las escalas de cada plano varían en función de la extensión ocupada.

La cartografía corresponde a los planos 1:50.000 del ICC/IGME (2006) y la leyenda se puede consultar en el mismo DVD.

3.2. - Trabajos de laboratorio

(Ver el esquema general de todos los procesos en el gráfico posterior a la página 40)

3.2.1.- Clasificación granulométrica de la muestra

Se inician con el peso total en seco de la muestra y un tamizado que se realiza por inmersión, utilizando dos cedazos de malla 1 mm y 3,72 mm, obteniéndose tres fracciones granulométricas que seguirán procesos distintos.

3.2.2.- Fracción >3,72 mm (cantos)

Se separan 100 unidades para determinar las litologías presentes y sus porcentajes. Se clasifican según el grado de redondeamiento a partir de la clasificación de Pettijohn (1963) y se miden los tres ejes principales de cada unidad para la representación de la relación forma/esfericidad por el método de Zingg (1935).

La identificación de las distintas litologías así como sus datos morfométricos nos aportan inicialmente una información que será fundamental para determinar sus áreas fuente.

3.2.3.- Fracción $\leq 3,72$ mm y > 1 mm (gravas)

Para concentrar las partículas de mayor densidad hemos utilizado un Jig manual (modelo BRGM) y posteriormente con la ayuda de una batea se ha reducido el concentrado.

Posteriormente se extraen con un imán los minerales magnéticos y de forma manual mediante observación aumentada 5x se separan para su identificación los minerales pesados existentes.

Esta fracción además de partículas monominerales se compone mayoritariamente de partículas líticas y pluriminerales. Su observación es de interés dado que en algunos casos nos permite saber a que litologías o a que otros minerales están asociados los pesados identificados.

3.2.4.- Fracción < 1 mm (arenas, limos y arcillas)

Se efectúan dos pasadas con un concentrador gravimétrico de laboratorio Knelson modelo KCMD3 (Fig.01).

Se reduce el concentrado con la ayuda de una batea, observando la posible presencia de partículas de oro y procediendo en esta fase a separar las de mayor tamaño.

Con los procesos anteriores se obtiene una muestra enriquecida en minerales pesados, aunque con un contenido apreciable de minerales ligeros (ver: Rendimiento del concentrador gravimétrico Knelson MD-3, en la página 26). Las fracciones limo y arcilla habrán quedado prácticamente eliminadas.

Una vez seca en la estufa a 50°, se separan con un imán los minerales magnéticos. El proceso se repetirá las veces necesarias (generalmente 4) hasta que no se recoja ninguno más. Esta práctica es necesaria para evitar problemas posteriores en las separaciones por líquidos densos y electromagnéticas.

Se procede a una clasificación granulométrica con cedazos de malla 500 μ m, 300 μ m, y 100 μ m, obteniendo cuatro fracciones que se tratarán por separado.

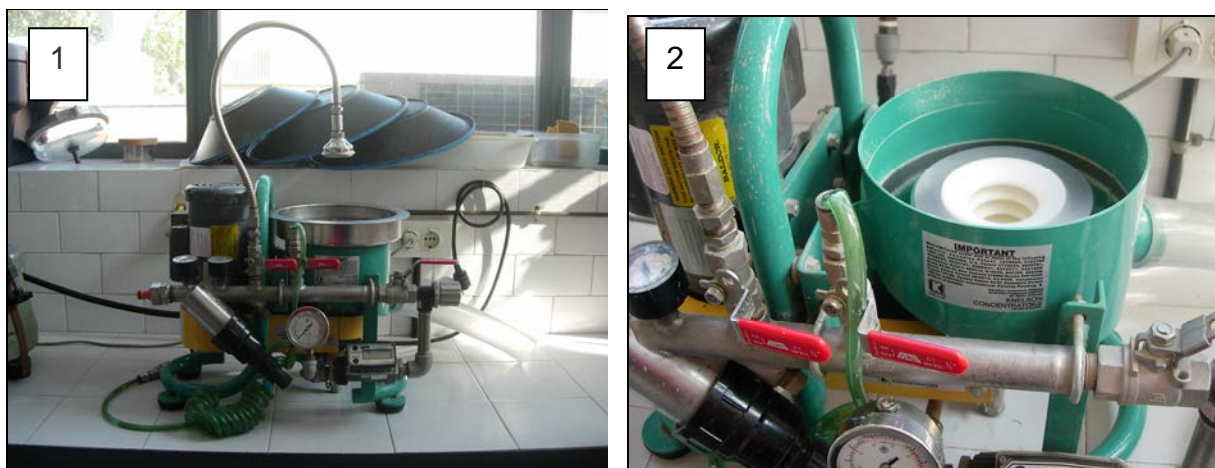


Fig. 01: (1) Vista general del concentrador Knelson MD-3 (2) Detalle del cono de concentración

Rendimiento del concentrador gravimétrico Knelson MD-3

Se exponen los porcentajes de recuperación que se obtienen para partículas de oro y otros minerales pesados, a partir de los resultados obtenidos por C. Suarez Llobregat (UPC-2003) en su trabajo "Estudi sobre l'optimització de la concentració d'or i minerals pesants amb concentradors del tipus KC-MD3 i KC-MD7.5".

En la parte experimental del trabajo se comparan los porcentajes de recuperación obtenidos en tres pasadas de Knelson, para el oro en función de su tamaño (Tabla 01 - Gráfico 01) y para otros minerales pesados. (Gráfico02).

Tabla 01: Porcentajes de recuperación en cada una de las tres pasadas, para una cantidad conocida de partículas de oro en cada fracción.

| % EN GRAMOS RECUPERADOS EN LA PRIMERA PASADA | | | | |
|--|-------------|---------------|--------------|--------------|
| ORO TOTAL | ORO >0,5 mm | ORO > ,315 mm | ORO >0,16 mm | ORO <0,16 mm |
| 89,79 | 79,8 | 85,29 | 94,13 | 99,63 |

| % EN GRAMOS RECUPERADOS EN LA SEGUNDA PASADA | | | | |
|--|-------------|---------------|--------------|--------------|
| ORO TOTAL | ORO >0,5 mm | ORO >0,315 mm | ORO >0,16 mm | ORO <0,16 mm |
| 10,16 | 20,11 | 14,64 | 5,84 | 0,36 |

| % EN GRAMOS RECUPERADOS EN LA TERCERA PASADA | | | | |
|--|-------------|---------------|--------------|--------------|
| ORO TOTAL | ORO >0,5 mm | ORO >0,315 mm | ORO >0,16 mm | ORO <0,16 mm |
| 0,037 | 0,079 | 0,056 | 0,018 | 0 |

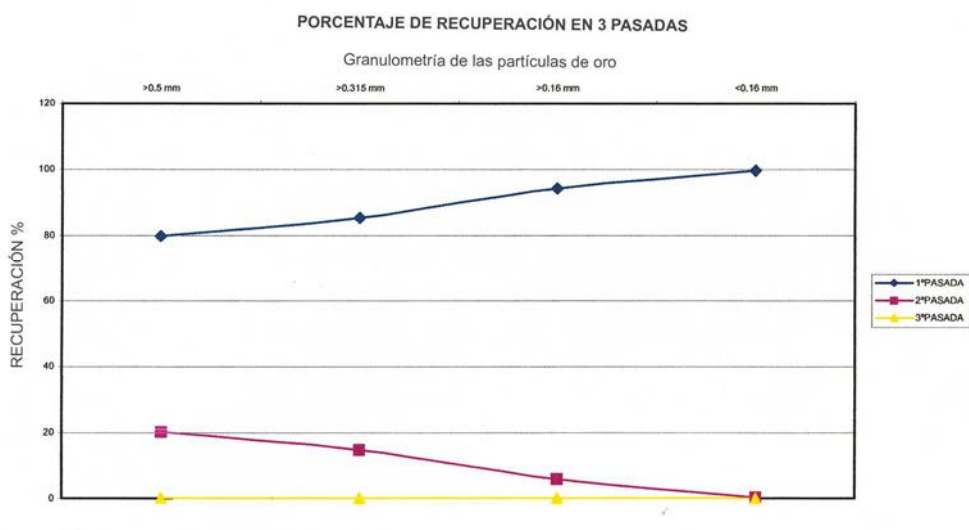


Gráfico 01 - Representación de los valores obtenidos en la Tabla 01

Según este estudio podemos observar que las partículas de menor tamaño se recuperan muy bien en la primera pasada, mientras que las de mayor tamaño se pierden en parte y necesitan de una segunda pasada para conseguir recuperarlas.

Estos valores nos confirman que con la metodología que hemos seguido, aplicando dos pasadas de Knelson, la recuperación del oro es superior al 99%.

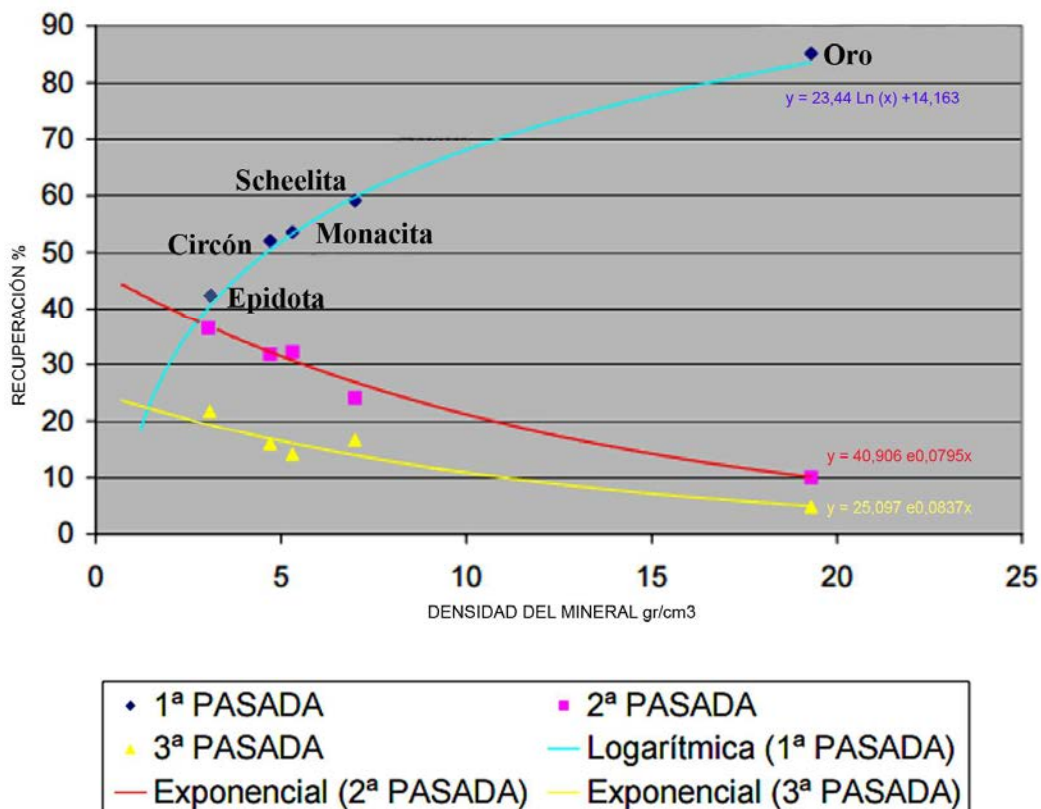


Gráfico 02 - Se relaciona la densidad de los minerales pesados con su porcentaje de recuperación

Se puede observar que cuando mayor es la densidad de los minerales más facilidad tienen para recuperarse en la primera pasada.

En las pasadas posteriores se recuperan esencialmente los pesados de menor densidad que no se han recuperado en la primera pasada.

Las trayectorias de recuperación son decrecientes y exponenciales en relación a la densidad en la segunda y tercera pasada, mientras que es creciente y logarítmica en la primera pasada.

Con dos pasadas de Knelson y teniendo en cuenta que partimos de minerales de densidad superior a $3,05 \text{ gr/cm}^3$, habremos obtenido de forma creciente recuperaciones a partir del 70%.

3.2.5.- Separación de los minerales pesados

Teniendo en cuenta que en nuestra zona de estudio la mayor proporción de minerales pesados se concentran en los tamaños \leq a $500 \mu\text{m}$, a la fracción $> 500 \mu\text{m}$ no se le han aplicado las técnicas de separación, siendo observadas y cuantificadas por visión estereoscópica (VE)

Se han empleado dos técnicas y en ambas se tratan separadamente cada una de las fracciones granulométricas restantes del proceso anterior.

1- Separación por medio de licores densos

Hemos utilizado para la separación el licor de Thoulet (también llamado licor de Sonstadt) de densidad $3,05 \text{ gr/cm}^3$.

Es una solución equimolecular de IK (yoduro potásico) y I_2Hg (yoduro mercuríco) en proporción de 1 a 1,24.

Líquido amarillento, fluido y fácil de filtrar, que cristaliza en prismas delicuescentes y es soluble en agua y alcohol etílico en todas proporciones.

Su disolvente normal es el agua destilada y su recuperación de la solución diluida puede hacerse mediante evaporación en una estufa a 100°C .

Su miscibilidad en alcohol es útil cuando por saturación el líquido cristaliza.

Consideraciones prácticas en el uso del licor de Thoulet:

Es un líquido cáustico y oxidante. Su utilización prolongada ataca la piel, por lo que deben protegerse las manos con guantes. Tiene la toxicidad propia de los compuestos del mercurio, por tanto, es necesario trabajar siempre en campana bien ventilada.

Conviene no exponerlo largamente a la luz, ya que oscurece con facilidad. También puede oscurecer al mezclarlo con agua corriente.

Para conservarlo claro se recomienda añadir una o dos gotas de mercurio al envase.

Se descompone con los metales (especialmente con la fracción magnética), por ciertos compuestos orgánicos y por algunos compuestos de azufre. Se debe evitar el uso de tubos de goma y varillas metálicas.

La miscibilidad con agua no es instantánea, sino que requiere una incorporación progresiva y lenta a la vez que se agita suavemente con una varilla de vidrio. Con una dilución excesiva y rápida, se corre el riesgo de que se produzca una hidrólisis con precipitación de cristales rojos de I_2Hg . Estos pueden hacerse desaparecer calentando lentamente.

Para el proceso de separación se utiliza un embudo de decantación QMB abierto, con llave de paso de vidrio, un embudo, un filtro y un vaso de ensayo (Fig.02).

No conviene que exista mucha diferencia de temperatura entre el material de vidrio a utilizar y el licor de Thoulet. Si es necesario se calientan ambos con un secador.

Así mismo para evitar la formación de precipitados de yoduro mercuríco en el lavado de la fracción pesada obtenida, hemos comprobado que es conveniente que el agua esté a una temperatura entre 30 y 40° C, para de esta forma no contaminar la muestra.

Para conocer la densidad del licor de Thoulet antes de usarlo, podemos utilizar un densímetro o una probeta de 10 ml previamente pesada y tarada, enrasando con Thoulet y pesando de nuevo.

Descripción de los filtros utilizados

Filtros de poliamida: Se han utilizado los de malla 20 μm y 63 μm , en función del tamaño de las partículas. Son de un drenaje rápido por lo que facilitan el lavado (Fig.03).

Papeles de filtro convencional: Los hemos usado para las fracciones inferiores a 100 μm en las que se ha observado una considerable abundancia de partículas inferiores a 20 μm

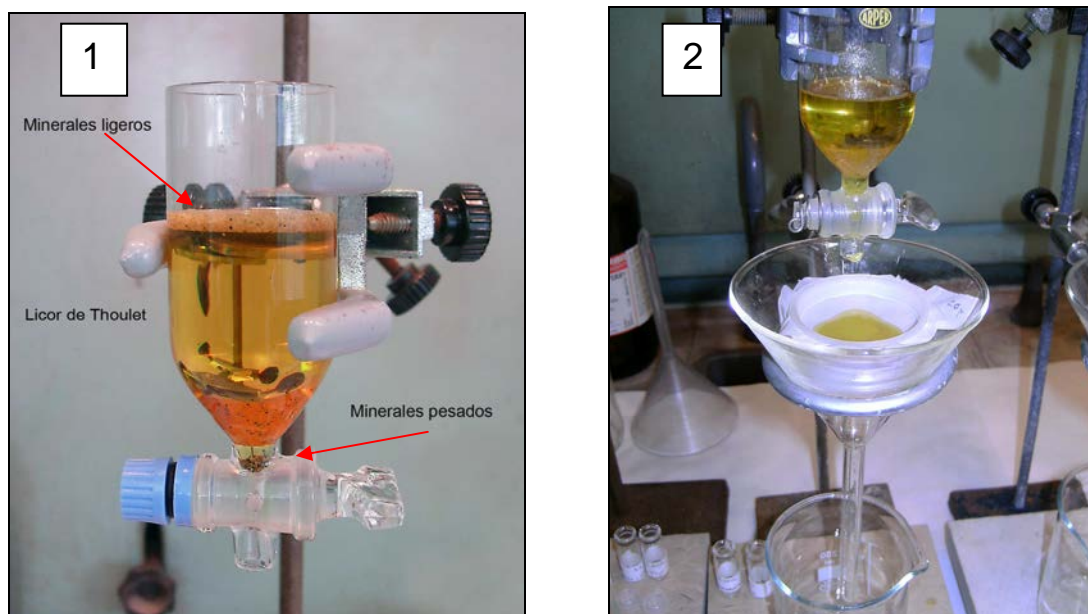


Fig. 02: (1) Detalle del embudo de decantación QMB (2) Proceso de filtrado con una malla de 20 μm .

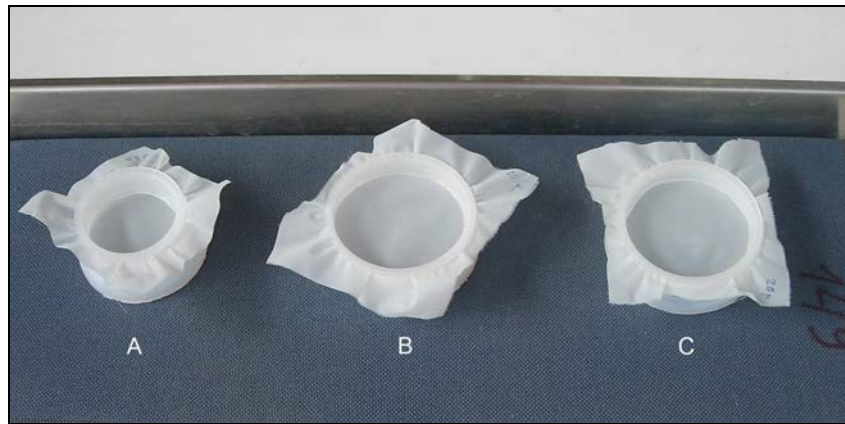


Fig. 03: Detalle de los filtros de poliamida A (63 μm) B y C (20 μm)

2- Separación electromagnética

Se ha efectuado mediante un separador Frantz Isodynamic LB-1 con una pendiente longitudinal y una inclinación lateral de 15° (Fig.04).

Las intensidades aplicadas (rangos de susceptibilidad magnética) han sido de: 0,10 - 0,15 - 0,30 - 0,45 - 0,80 y 1,30 amperios.

La eliminación de las partículas magnéticas realizada anteriormente, evita la aparición de atascos al inicio del proceso.

Esta técnica nos permite la cuantificación en peso de cada rango así como facilita la identificación visual de algunos minerales de los que se conoce su entorno de susceptibilidad magnética.

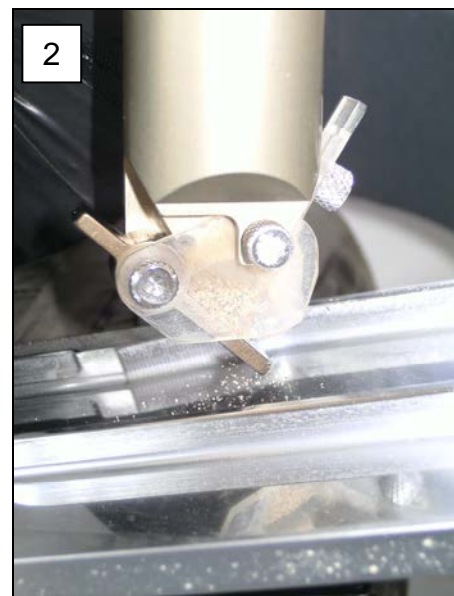


Fig.04: (1) Vista general del separador Frantz Isodynamic LB-1 (2) Detalle del embudo dosificador de partículas. Para evitar atascos no conviene trabajar con partículas superiores a 500 μm .

Orden de aplicación de ambos métodos:

Aplicar primero líquidos densos para cada fracción granulométrica, supone tres decantaciones con su protocolo. Se consigue eliminar la mayor parte de líticos, las partículas compuestas de menor densidad y los minerales ligeros. Se reduce la cantidad de muestra, lo que supone una mayor rapidez en la aplicación del segundo método (separador Frantz). El inconveniente surge por la amalgamación de Hg que sufren las pequeñas partículas de oro, no recuperadas en la batea, al contacto con el licor de Thoulet. La amalgama aunque superficial, contamina los procesos analíticos posteriores.

Las partículas de oro que son incluidas en probetas pulidas quedan en muchos casos exentas de la contaminación superficial por Hg. No así las que se depositan sobre un "stub".

Aplicar primero el separador Frantz para cada fracción granulométrica donde están mezcladas partículas monominerales, compuestas, líticas y ligeras, supone un mayor volumen a procesar y también, que algunas, especialmente las compuestas, aparezcan en rangos de susceptibilidad magnética más amplios. Las partículas de oro que en este caso no estarán afectadas por el licor de Thoulet se separan manualmente de la fracción diamagnética con la ayuda de un estereomicroscopio.

Dado que la casi totalidad de los ligeros presentes no son atraíbles (excepto los que forman parte de las partículas compuestas), posteriormente solo será necesario aplicar líquidos densos a la fracción diamagnética para eliminar los minerales ligeros.

Con la aplicación de líquidos densos se obtiene una mejor selección para cuantificar.

3.2.6.- Captura y selección de partículas

Para su observación y análisis posteriores, es necesario aislar cada partícula o grupo de partículas. Para esta operación es práctico disponer de un pincel de tamaño 5/0 y de una aguja entomológica o similar montada en la punta de una varilla de plástico o vidrio. La captura se realiza por adherencia electrostática, aunque generalmente y para las de mayor tamaño es necesario aplicar un líquido viscoso, disolver en agua destilada y recuperar por evaporación.

3.2.7.- Caracterización, identificación y análisis de los minerales pesados

Se han utilizado diferentes métodos analíticos en función de las necesidades de cada caso.

1 - Caracterización visual:

Mediante visión estereoscópica (VE) se han descrito las características de las partículas, como el color, brillo, hábitos cristalográficos, tipo de fractura, exfoliación, redondez, grado de desgaste, inclusiones, etc., que en muchos casos y para un observador entrenado, ha sido suficiente para su identificación.

Para este trabajo se han utilizado los siguientes equipos:

- Estereomicroscopio Leica EZ4 con objetivo 10x/20 y 16x/16
- Estereomicroscopio Leica MS-5 con objetivo 1x 10
- Aixophot Zeiss

2 - Métodos analíticos convencionales:

Difracción de polvo de rayos X y difracción cuantitativa de rayos X (DRX):

Esta técnica nos ha permitido la identificación precisa de algunos minerales y también en el caso más habitual de mezcla de varios (difractograma multifásico), cuantificar el porcentaje en peso de cada uno en la muestra.

Se han adquirido, para cada una de las muestras, espectros de difracción de Rayos X mediante un difractómetro marca Bruker D8-A25, equipado con un tubo de Cu (longitud de onda $\lambda=1,5405 \text{ \AA}$) y detector PSD ultra-rápido (Lynxeye). Las medidas han sido realizadas con las siguientes condiciones de trabajo: voltaje de 40 kV, corriente de 40 mA.

La interpretación de los espectros de difracción se ha realizado con el programa *DiffraSuite*TM de Bruker, mientras que la identificación de las fases cristalinas ha sido realizada utilizando la base de datos PDF-2 del *International Centre for Diffraction Data (ICDD)*.

Los análisis se han efectuado en el *I.C.T.J.A - Jaume Almera (CSIC)*.

Microscopía electrónica de barrido con analizador de energías (SEM/ESEM-EDS):

Mediante **SEM/ESEM** se han obtenido imágenes que han facilitado la descripción morfológica de las partículas. Activando los detectores de electrones retrodispersados se ponen de manifiesto los posibles cambios de composición (especialmente en superficies pulidas).

Mediante **EDS** se genera un espectro continuo de rayos X donde destacan una serie de picos que se corresponden con las radiaciones características de cada elemento químico presente en la muestra y nos permite realizar análisis cualitativos puntuales. Con los patrones adecuados y teniendo en cuenta que la intensidad de cada pico es directamente proporcional a la cantidad de este elemento en muestra, se pueden transformar en cuantitativos, aunque dado que muchos elementos producen rayos X con energías próximas a las de otros y debido a la baja resolución espectral de los EDS, los análisis obtenidos no siempre son muy precisos cosa que les convierte en "semicuantitativos".

Hemos utilizado la aplicación "mapping" para observar la distribución de los diferentes elementos en las probetas pulidas de algunas partículas.

Debido a que puede trabajar con bajas corrientes de sonda, es un método muy poco destructivo, que lo convierte en imprescindible para el análisis semicuantitativo de partículas de tamaño de grano muy pequeño.

Los análisis se han efectuado en los *Serveis Científicotècnics de la U.B. (SCUBT)*, con un microscopio electrónico de barrido (*SEM*): JEOL-JSM-840 equipado con un analizador de energías (*EDS*) de *OXFORD INSTRUMENTS* de la serie *INCA 250*. Con una aceleración de voltaje de 20.00kV.

Microanálisis mediante microsonda electrónica (EMPA):

La microsonda electrónica (*electron-microprobe analyzer*) se puede considerar como un microscopio electrónico de barrido que incluye unas unidades analizadoras adicionales, los espectrómetros dispersivos en longitud de onda (*WDS, wavelength-dispersive spectrometer*).

La EMPA está especialmente diseñada para el análisis cuantitativo.

Para programar que elementos se van a analizar, se han efectuado análisis previos con EDS y también se ha consultado en la bibliografía las composiciones químicas obtenidas por otros investigadores en partículas similares.

Los análisis se han efectuado en los *Serveis Científicotècnics de la U.B.* mediante una microsonda electrónica (CAMECA SX-50). Las condiciones de trabajo fueron las siguientes: tensión de aceleración de 25 keV y una corriente de sonda de 20 nA.

Fluorescencia de rayos X (XRF):

Esta técnica la aplicamos en un trabajo anterior a la tesis en el afloramiento JE-001-GA (que corresponde a una explotación de arenas silíceas), para calcular los contenidos de algunos minerales de interés comercial. No la hemos utilizado en la tesis.

Microscopía confocal:

Las pruebas que hemos realizado con microscopía confocal (análisis de superficies) en la *Unitat de Micròscopia Confocal de la Facultat de Biologia de la U.B.* para el cálculo del volumen de las partículas de oro, no han resultado positivas, debido al poco tamaño de las partículas y al no disponer de un protocolo especialmente adecuado.

Programas informáticos:

Para efectuar algunas mediciones, calcular superficies o estimar el volumen de algunas partículas, especialmente las de oro, se ha utilizado a partir de una imagen SEM el programa **ImageJ**.

Para los diagramas triangulares de composición, el programa **Triplot**.

Archivo fotográfico:

Una selección de las fotografías obtenidas, aplicando en parte los procedimientos y formas de presentación utilizados por autores de referencia en este campo como Devismes (1978) y Mange&Maurer (1992), se ha incluido en la tesis junto a cada grupo de minerales para facilitar su identificación visual.

Para las fotos hemos utilizado los siguientes equipos:

- Estereomicroscopio LEICA-EZ4 con cámara digital Dino Eye-AM423B
- Estereomicroscopio Motic SMZ-168-TH con cámara digital Canon EOS-450D
- Estereomicroscopio LEICA MS-5 con cámara digital DFC420
- Axiophot Zeiss con cámara digital Sony

“*Pluguins*” de enfoque:

- Helicon Focus
- CombineZP

3.2.8.- Minerales identificados en los distintos afloramientos

Los minerales relacionados (Tabla 01), son los que independientemente de su grado de abundancia se han podido identificar en los sedimentos del Mioceno y del Holoceno más reciente, así como las partículas de origen antrópico.

| Minerales | Método de análisis | Minerales | Método de análisis |
|--|----------------------|---|--------------------|
| Apatito | SEM/EDS - DRX | Granate Spessartina | SEM/EDS - DRX |
| Andalucita I | SEM/EDS - DRX | Granate Grossularia | SEM/EDS - DRX |
| Andalucita II | SEM/EDS - DRX | Clinocloro | SEM/EDS - DRX |
| Anatasa | SEM/EDS | Hematites | SEM/EDS - DRX |
| Anfíboles (Hornblenda) | SEM/EDS | Ilmenita | SEM/EDS - DRX |
| Baritina | SEM/EDS | Leucoxeno | SEM/EDS |
| Circón | SEM/EDS | Magnetita | SEM/EDS - DRX |
| Corindón | SEM/EDS | Monacita | SEM/EDS |
| Epidota 1 | SEM/EDS - DRX | Oro | SEM/EDS |
| Epidota 2 | SEM/EDS - DRX | Pirita | SEM/EDS |
| Estaurolita | SEM/EDS - DRX | Pirita oxidada | SEM/EDS - DRX |
| Florecita (*) | SEM/EDS - EMPA - DRX | Rutilo | SEM/EDS |
| Fluorapatito | SEM/EDS - DRX | Titanita | SEM/EDS |
| Goethita | SEM/EDS - DRX | Turmalina Chorlo | SEM/EDS - DRX |
| Goyazita (*) | SEM/EDS - EMPA - DRX | Turmalina Dravita | SEM/EDS - DRX |
| Granate Almandino | SEM/EDS - DRX | | |
| Granate Andradita | SEM/EDS - DRX | | |
| (*) Fases del supergrupo de la alunita | | | |
| Part. origen antrópico | | | |
| | | | |
| Vidrios | SEM/EDS | | |
| Restos metálicos | SEM/EDS | | |
| Restos cerámicos | SEM/EDS | | |
| Carburo de silicio | SEM/EDS - DRX | | |
| Microesférulas vítreas. | SEM/EDS | | |
| Microesférulas magnéticas | SEM/EDS - DRX | Antrópicas en parte ver capítulo óxidos/ hidróxidos | |

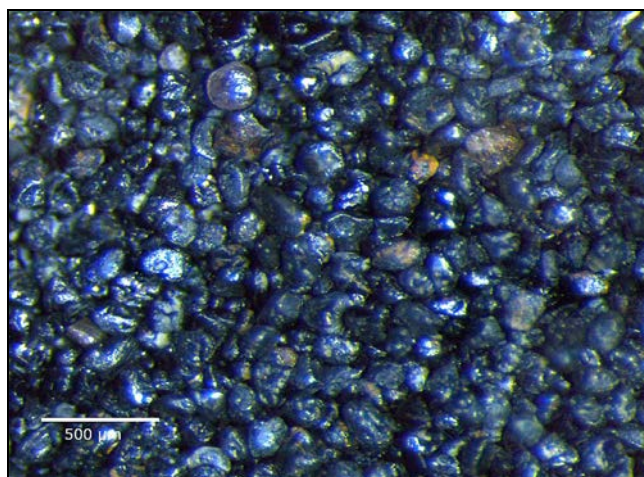
Tabla 01. Relación de los minerales y partículas antrópicas que han sido identificadas en los distintos afloramientos, indicando los métodos de análisis empleados

3.2.9.- Repartición dentro de las distintas fracciones electromagnéticas

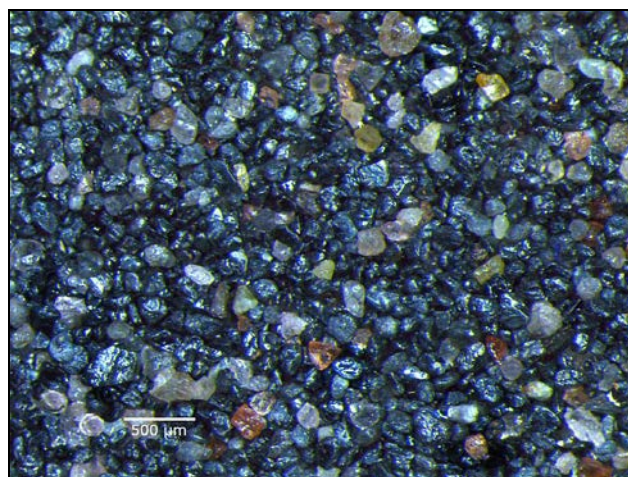
En la *Tabla 02* (pag. 40), una vez identificados los minerales, se representan los valores que estimamos como promedio para toda la zona de estudio. En las fichas de cada afloramiento se exponen los específicos para el mismo (ver fichas modelo de los afloramientos).

Los rangos de susceptibilidad magnética utilizados han sido de: 0,10, 0,15, 0,30, 0,45, 0,80 y 1,30 amperios. En algunos casos hemos utilizado valores intermedios para enriquecer la muestra en algún mineral concreto.

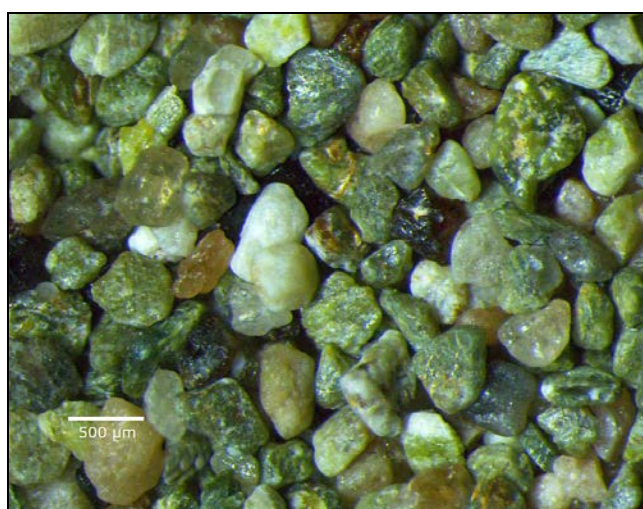
3.2.10.- Vista general de cada una de las fracciones obtenidas indicando los minerales identificados



0,10 A
Mayoritariamente ilmenitas y algún granate



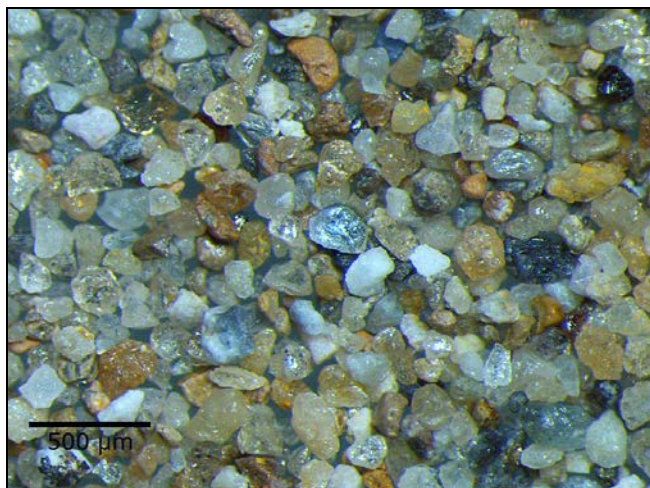
0,15 A
Ilmenitas granates y primeras epidotas



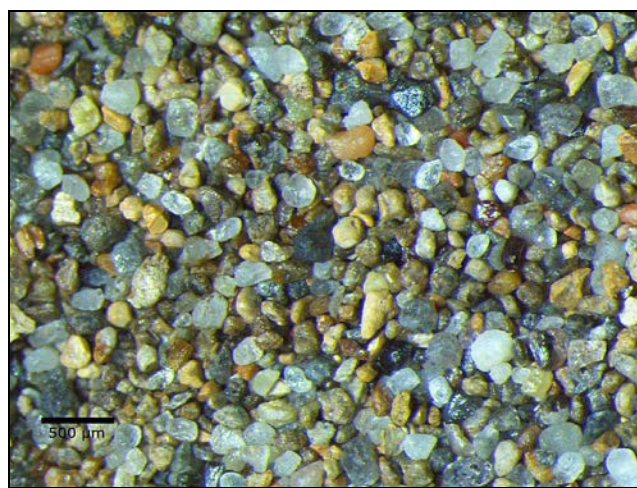
0,30 A
Epidotas, epidotas con anortita, primeros granates grossularia, estaurolitas y turmalinas



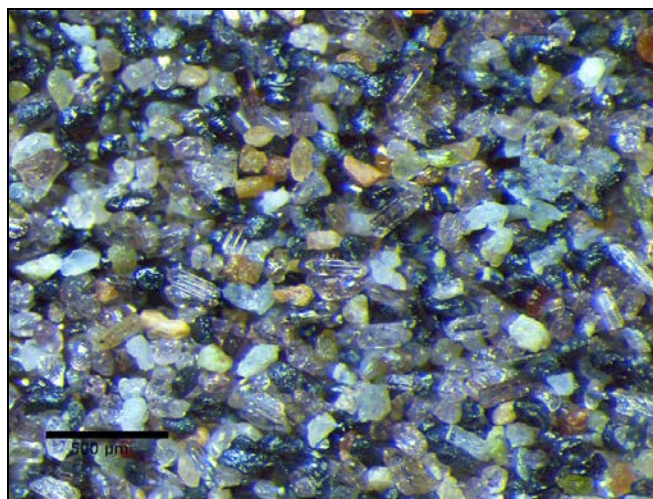
0,45 A
Mayoritariamente granates grossularia, alguna epidota con anortita.



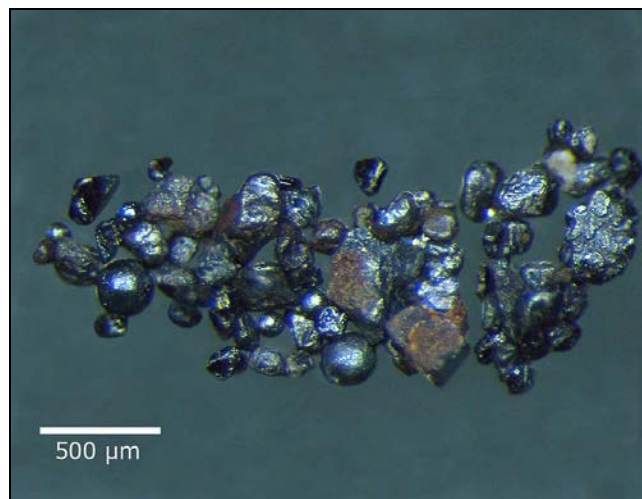
0,80 A
 Primeros leucoxenos, andalucitas, monacitas y goyazitas.



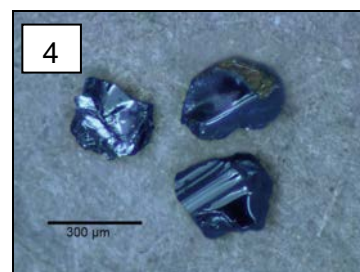
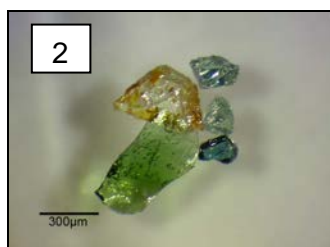
1,30 A
 Leucoxenos, andalucitas, corindón azul, goyazitas, primeros rutilos, circones y apatitos.



Fracción diamagnética
 Rutilo, anatasa, circón, apatito, fluorapatito, titanita, corindón azul, leucoxenos y oro.



Fracción ferromagnética
 Magnetita, esférulas de magnetita, hematites y algunas ilmenitas.




- 1-Microesférulas magnéticas
- 2- Vidrios
- 3- Restos cerámicos
- 4- Carburo de silicio
- 5- Microesférulas vítreas

Partículas antrópicas:

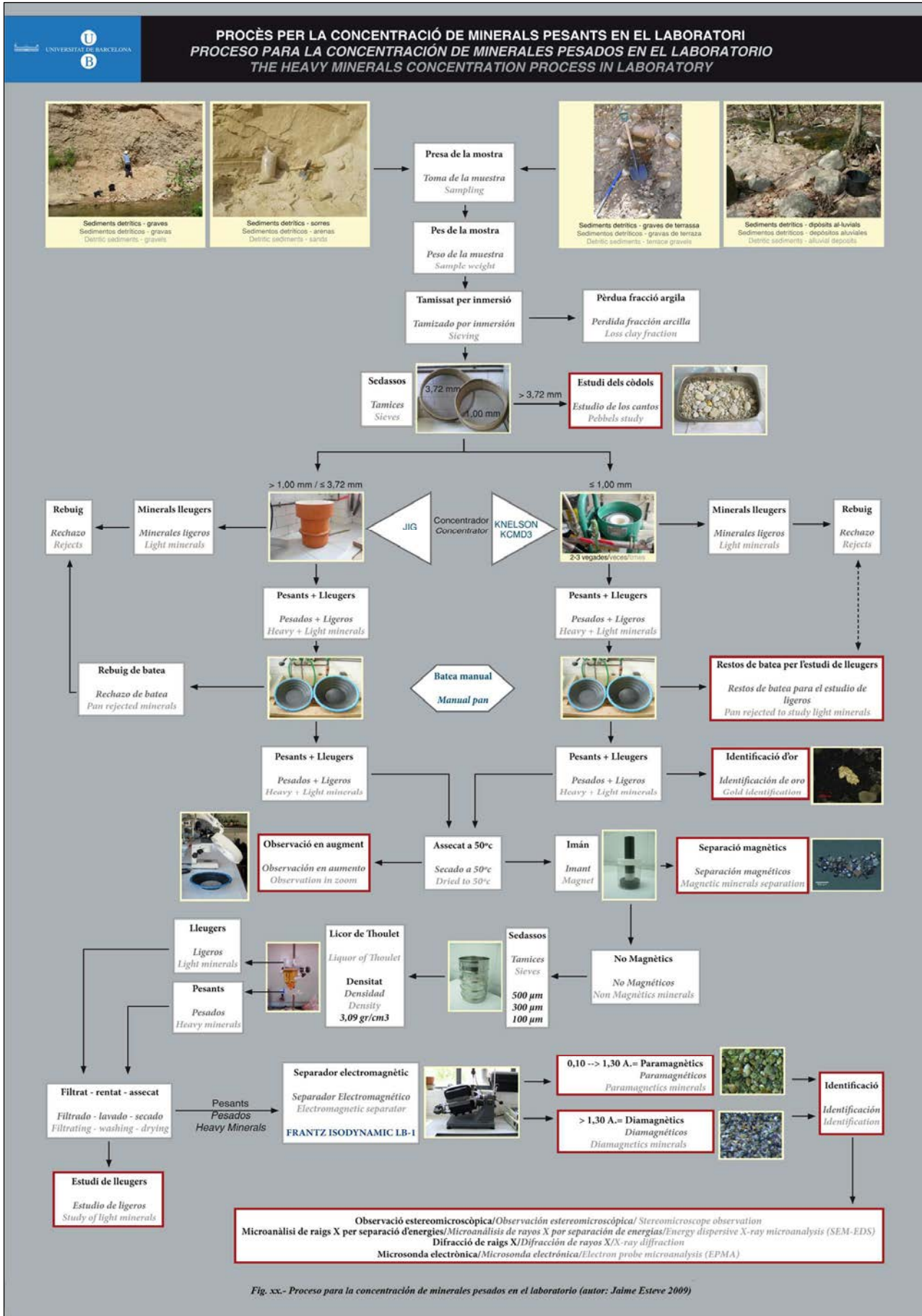


| Minerales | 0.00A | 0.10A | 0.15A | 0.20A | 0.30A | 0.45A | 0.60A | 0.80A | 1.30A | máx. A | Diamag |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Anatasa | | | | | | | | | | | |
| Andalucita I | | | | | | | | | | | |
| Andalucita II | | | | | | | | | | | |
| Anfíboles (Hornblenda) | | | | | | | | | | | |
| C.H.Apatito | | | | | | | | | | | |
| Baritina | | | | | | | | | | | |
| Circón | | | | | | | | | | | |
| Corindón (azul) | | | | | | | | | | | |
| Epidota 1 (Fe) | | | | | | | | | | | |
| Epidota 2 | | | | | | | | | | | |
| Estaurolita | | | | | | | | | | | |
| Fluorapatito (negro) | | | | | | | | | | | |
| Goethita | | | | | | | | | | | |
| Supergrupo Alunitas | | | | | | | | | | | |
| Granate Almandino | | | | | | | | | | | |
| Granate Andradita | | | | | | | | | | | |
| Granate Espessartita | | | | | | | | | | | |
| Granate Grossularia | | | | | | | | | | | |
| Hematites | | | | | | | | | | | |
| Ilmenita | | | | | | | | | | | |
| Leucoxeno | | | | | | | | | | | |
| Magnetita | | | | | | | | | | | |
| Monacita | | | | | | | | | | | |
| Oro | | | | | | | | | | | |
| Pirita | | | | | | | | | | | |
| Piritas oxidadas | | | | | | | | | | | |
| Rutilo | | | | | | | | | | | |
| Titanita | | | | | | | | | | | |
| Turmalina (Chorlo) | | | | | | | | | | | |
| Turmalina (Dravita) | | | | | | | | | | | |
| Part. origen antrópico | | | | | | | | | | | |
| Microesférulas magnéticas | | | | | | | | | | | |
| Vidrios | | | | | | | | | | | |
| Restos metálicos | | | | | | | | | | | |
| Restos cerámicos | | | | | | | | | | | |
| Carburo de silicio | | | | | | | | | | | |
| Microesférulas vítreas | | | | | | | | | | | |

Tabla 02- Repartición de las partículas minerales y antrópicas dentro de las fracciones electromagnéticas (valores promedio).

De menor a mayor concentración: 

Esquema general de todos los procesos



3.2.11.- Cantidad de minerales pesados separados de las muestras del Mioceno y número de partículas de oro obtenidas.

| Muestra | 14SEL |
|---------------------------------|-------|
| Total muestra (g) | 35915 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 20155 |
| Total pesados (g) | 2,53 |
| % pesados s/ total muestra | 0,01 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,01 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,04 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,23 |
| 0,30 A.(g) | 1,35 |
| 0,45 A.(g) | 0,32 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,30 |
| Diamagnéticos (g) | 0,29 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 70 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 126 |
| Número de partículas de oro | 1 |

SECTOR 01 - SEL

SECTOR 03 - VOR

| Muestra | 03VOR | 04VOR | 06VOR | 07VOR | 42VOR |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Total muestra (g) | 8270 | 7300 | 6960 | 6830 | 28560 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 3940 | 5060 | 3610 | 4170 | 14890 |
| Total pesados (g) | 1,86 | 2,94 | 3,06 | 2,89 | 8,23 |
| % pesados s/ total muestra | 0,02 | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,03 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,07 | 0,06 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,01 | 0,01 | 0,08 | 0,03 | 0,02 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,23 | 0,65 | 0,49 | 0,24 | 1,65 |
| 0,30 A.(g) | 1,10 | 1,21 | 1,69 | 1,68 | 3,02 |
| 0,45 A.(g) | 0,20 | 0,66 | 0,59 | 0,65 | 2,57 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,12 | 0,18 | 0,12 | 0,17 | 0,86 |
| Diamagnéticos (g) | 0,20 | 0,23 | 0,09 | 0,12 | 0,11 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 225 | 403 | 440 | 423 | 288 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 472 | 581 | 848 | 693 | 553 |
| Número de partículas de oro | 1 | 9 | 4 | 1 | 0 |

| Muestra | 10VOR-01 | 10VOR-02 | 10VOR-03 | 10VOR-04 | 10VOR-05 |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Total muestra (g) | 57400 | 18660 | 7000 | 70060 | 14630 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 40010 | 15660 | 2590 | 48940 | 9850 |
| Total pesados (g) | 29,03 | 10,35 | 5,25 | 23,48 | 7,99 |
| % pesados s/ total muestra | 0,05 | 0,06 | 0,08 | 0,03 | 0,05 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,07 | 0,07 | 0,20 | 0,05 | 0,08 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,53 | 0,17 | 0,14 | 0,88 | 0,01 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 2,58 | 1,13 | 0,2 | 1,76 | 0,42 |
| 0,30 A.(g) | 10,14 | 5,45 | 1,4 | 10,4 | 2,73 |
| 0,45 A.(g) | 7,48 | 2,55 | 1,46 | 6,42 | 1,45 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 4,62 | 0,85 | 0,88 | 2,83 | 1,98 |
| Diamagnéticos (g) | 3,68 | 0,2 | 1,17 | 2,07 | 0,03 |
| Total pesados (g x t) s / total | 506 | 555 | 750 | 335 | 546 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 726 | 661 | 2027 | 480 | 811 |
| Número de partículas de oro | 1 | 0 | 0 | 9 | 2 |

| Muestra | 10VOR-06 | 10VOR-07 | 10VOR-08 | 10VOR-09 | 10VOR-10 |
|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Total muestra (g) | 45075 | 20160 | 26850 | 24100 | 15600 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 30850 | 15100 | 20490 | 14485 | 10265 |
| Total pesados (g) | 14,08 | 7,66 | 10,37 | 6,37 | 9,62 |
| % pesados s/ total muestra | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,03 | 0,06 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,04 | 0,09 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,78 | 0,33 | 0,78 | 0,10 | 0,06 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 2,08 | 1,2 | 1,2 | 0,68 | 0,85 |
| 0,30 A.(g) | 6,94 | 0,25 | 4,52 | 3,47 | 5,34 |
| 0,45 A.(g) | 1,54 | 1,16 | 1,91 | 1,06 | 2,18 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 1,05 | 0,5 | 1,15 | 0,36 | 0,75 |
| Diamagnéticos (g) | 1,69 | 0,22 | 0,81 | 0,7 | 0,44 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 312 | 380 | 386 | 264 | 617 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 456 | 507 | 506 | 440 | 937 |
| Número de partículas de oro | 0 | 0 | 0 | >340 | 2 |

| Muestra | 10VOR-11 | 10VOR-12 | 16VOR | 17VOR | 18VOR |
|---------------------------------|----------|----------|-------|-------|-------|
| Total muestra (g) | 29100 | 47740 | 6880 | 6000 | 6570 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 16260 | 12015 | 4060 | 2925 | 3710 |
| Total pesados (g) | 7,27 | 6,84 | 2,44 | 0,75 | 1,52 |
| % pesados s/ total muestra | 0,02 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,02 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,04 | 0,06 | 0,06 | 0,03 | 0,04 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,14 | 0,98 | 0,06 | 0,02 | 0,02 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,66 | 0,82 | 0,30 | 0,08 | 0,08 |
| 0,30 A.(g) | 4,09 | 3,26 | 1,38 | 0,33 | 0,76 |
| 0,45 A.(g) | 1,43 | 1,31 | 0,53 | 0,25 | 0,53 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,54 | 0,83 | 0,11 | 0,02 | 0,11 |
| Diamagnéticos (g) | 0,41 | 0,62 | 0,06 | 0,05 | 0,02 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 250 | 143 | 355 | 125 | 231 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 447 | 569 | 601 | 256 | 410 |
| Número de partículas de oro | 0 | >150 | 2 | 0 | 0 |

| Muestra | 20VOR | 22VOR | 23VOR | 24VOR | 25VOR |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Total muestra (g) | 5055 | 6840 | 6240 | 7000 | 21200 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 3625 | 4290 | 4580 | 3620 | 10800 |
| Total pesados (g) | 1,44 | 2,41 | 1,23 | 0,94 | 2,65 |
| % pesados s/ total muestra | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,01 | 0,00 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,04 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 0,00 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,03 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,12 | 0,20 | 0,13 | 0,08 | 0,23 |
| 0,30 A.(g) | 0,69 | 1,10 | 0,58 | 0,43 | 1,21 |
| 0,45 A.(g) | 0,51 | 0,78 | 0,37 | 0,27 | 0,76 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,07 | 0,23 | 0,10 | 0,09 | 0,25 |
| Diamagnéticos (g) | 0,03 | 0,07 | 0,04 | 0,06 | 0,17 |
| Total pesados (g x t) s/ total. | 285 | 352 | 197 | 134 | 125 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 397 | 562 | 269 | 260 | 245 |
| Número de partículas de oro | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

| Muestra | 26VOR | 27VOR | 28VOR | 31VOR | 32VOR |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Total muestra (g) | 19600 | 36000 | 32095 | 34490 | 40835 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 9620 | 12950 | 26265 | 19910 | 15085 |
| Total pesados (g) | 2,33 | 9,42 | 8,81 | 18,97 | 5,31 |
| % pesados s/ total muestra | 0,01 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,01 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,02 | 0,07 | 0,03 | 0,10 | 0,04 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,06 | 0,10 | 0,04 | 0,13 | 0,02 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,30 | 3,70 | 1,74 | 7,06 | 0,67 |
| 0,30 A.(g) | 0,77 | 3,38 | 3,51 | 6,12 | 2,11 |
| 0,45 A.(g) | 0,42 | 1,81 | 2,37 | 3,63 | 1,70 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,43 | 0,39 | 0,91 | 1,36 | 0,68 |
| Diamagnéticos (g) | 0,35 | 0,04 | 0,24 | 0,67 | 0,13 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 119 | 262 | 274 | 550 | 130 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 242 | 727 | 335 | 953 | 352 |
| Número de partículas de oro | 0 | 2 | 1 | 4 | 0 |

| Muestra | 35VOR | 37VOR | 38VOR | 41VOR | 42VOR |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Total muestra (g) | 28180 | 29390 | 30300 | 28500 | 28560 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 15930 | 11370 | 15680 | 15450 | 14890 |
| Total pesados (g) | 28,51 | 7,28 | 4,65 | 9,43 | 8,23 |
| % pesados s/ total muestra | 0,10 | 0,02 | 0,02 | 0,03 | 0,03 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,18 | 0,06 | 0,03 | 0,06 | 0,06 |
| Ferromagnéticos (g) | 1,44 | 0,05 | 0,01 | 0,03 | 0,02 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 13,75 | 1,31 | 0,82 | 0,49 | 1,65 |
| 0,30 A.(g) | 6,30 | 4,19 | 2,55 | 5,35 | 3,02 |
| 0,45 A.(g) | 3,75 | 1,06 | 0,51 | 2,46 | 2,57 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,98 | 0,47 | 0,37 | 0,90 | 0,86 |
| Diamagnéticos (g) | 2,29 | 0,20 | 0,39 | 0,20 | 0,11 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 1012 | 248 | 153 | 331 | 288 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 1790 | 640 | 297 | 610 | 553 |
| Número de partículas de oro | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 |

| Muestra | 48VOR | 53VOR | 54VOR |
|---------------------------------|-------|-------|-------|
| Total muestra (g) | 12570 | 15200 | 11585 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 7380 | 3700 | 5920 |
| Total pesados (g) | 5,38 | 7,67 | 6,83 |
| % pesados s/ total muestra | 0,04 | 0,05 | 0,12 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,07 | 0,21 | 0,12 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,05 | 0,19 | 0,09 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,59 | 1,12 | 0,76 |
| 0,30 A.(g) | 2,85 | 3,59 | 3,61 |
| 0,45 A.(g) | 1,34 | 0,88 | 1,71 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,45 | 1,08 | 0,53 |
| Diamagnéticos (g) | 0,10 | 0,81 | 0,13 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 428 | 505 | 590 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 729 | 2073 | 1154 |
| Número de partículas de oro | 15 | 1 | 0 |

SECTOR 04 - VOC

| Muestra | 05VOC | 06VOC | 08VOC | 09VOC | 10VOC |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Total muestra (g) | 7755 | 7205 | 6305 | 7320 | 8320 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 2740 | 2360 | 2765 | 3250 | 3230 |
| Total pesados (g) | 1,13 | 3,33 | 1,03 | 1,32 | 2,20 |
| % pesados s/ total muestra | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,04 | 0,14 | 0,04 | 0,04 | 0,07 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,12 | 0,15 | 0,22 | 0,09 | 0,13 |
| 0,30 A.(g) | 0,58 | 1,81 | 0,43 | 0,69 | 1,28 |
| 0,45 A.(g) | 0,28 | 0,86 | 0,14 | 0,29 | 0,54 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,05 | 0,32 | 0,15 | 0,19 | 0,10 |
| Diamagnéticos (g) | 0,08 | 0,14 | 0,08 | 0,05 | 0,14 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 146 | 462 | 163 | 180 | 264 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 412 | 1411 | 373 | 406 | 681 |
| Número de partículas de oro | 0 | 1 | 1 | 8 | 0 |

| Muestra | 11VOC | 12VOC | 13VOC | 14VOC |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Total muestra (g) | 6600 | 7100 | 5800 | 6800 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 3820 | 3105 | 3690 | 3125 |
| Total pesados (g) | 1,12 | 1,36 | 0,31 | 1,65 |
| % pesados s/ total muestra | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,02 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,03 | 0,04 | 0,01 | 0,05 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,09 | 0,12 | 0,03 | 0,25 |
| 0,30 A.(g) | 0,41 | 0,87 | 0,11 | 0,45 |
| 0,45 A.(g) | 0,23 | 0,27 | 0,06 | 0,40 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,14 | 0,05 | 0,04 | 0,47 |
| Diamagnéticos (g) | 0,24 | 0,04 | 0,06 | 0,07 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 170 | 192 | 53 | 243 |
| Total pesados (g x t)s /p.≤1 mm | 293 | 438 | 84 | 528 |
| Número de partículas de oro | 1 | 0 | 0 | 3 |

| Muestra | 01BLL | 02BLL | 03BLL | 04BLL |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Total muestra (g) | 8000 | 6520 | 7430 | 6390 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 3630 | 4672 | 2405 | 2890 |
| Total pesados (g) | 1,31 | 2,18 | 2,01 | 3,21 |
| % pesados s/ total muestra | 0,02 | 0,03 | 0,03 | 0,05 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,04 | 0,05 | 0,08 | 0,11 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,03 | 0,04 | 0,02 | 0,01 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,15 | 0,31 | 0,22 | 0,17 |
| 0,30 A.(g) | 0,74 | 1,05 | 1,09 | 1,60 |
| 0,45 A.(g) | 0,26 | 0,33 | 0,41 | 0,85 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,08 | 0,13 | 0,09 | 0,30 |
| Diamagnéticos (g) | 0,05 | 0,32 | 0,18 | 0,28 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 164 | 334 | 271 | 502 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 361 | 467 | 836 | 1111 |
| Número de partículas de oro | 0 | 1 | 0 | 5 |

SECTOR 06 - AN

| Muestra | 01AN | 05AN | 08AN |
|---------------------------------|------|-------|-------|
| Total muestra (g) | 7270 | 26100 | 25050 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 2815 | 6340 | 6125 |
| Total pesados (g) | 2,01 | 3,84 | 2,41 |
| % pesados s/ total muestra | 0,03 | 0,01 | 0,01 |
| % pesados s/ particulas ≤1 mm | 0,07 | 0,06 | 0,04 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,38 | 0,23 | 0,05 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,13 | 0,14 | 0,32 |
| 0,30 A.(g) | 1,14 | 2,55 | 1,35 |
| 0,45 A.(g) | 0,24 | 0,65 | 0,41 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,07 | 0,22 | 0,18 |
| Diamagnéticos (g) | 0,05 | 0,05 | 0,10 |
| Total pesados (g x t) s/ total. | 276 | 147 | 96 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 714 | 606 | 393 |
| Número de partículas de oro | 0 | 0 | 0 |

SECTOR 07 - AP

| Muestra | 01AP | 07AP | 09AP | 10AP | 12AP |
|---------------------------------|------|------|------|-------|-------|
| Total muestra (g) | 5370 | 6670 | 5900 | 19480 | 27610 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 2635 | 3920 | 2680 | 9520 | 14610 |
| Total pesados (g) | 2,46 | 0,80 | 0,26 | 4,44 | 6,48 |
| % pesados s/ total muestra | 0,05 | 0,01 | 0,00 | 0,02 | 0,02 |
| % pesados s/ particulas ≤1 mm | 0,09 | 0,02 | 0,01 | 0,05 | 0,04 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,24 | 0,19 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,44 | 0,08 | 0,01 | 0,23 | 0,72 |
| 0,30 A.(g) | 0,92 | 0,35 | 0,11 | 2,26 | 2,41 |
| 0,45 A.(g) | 0,48 | 0,15 | 0,03 | 0,55 | 0,87 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,29 | 0,05 | 0,06 | 0,14 | 0,52 |
| Diamagnéticos (g) | 0,31 | 0,16 | 0,04 | 1,02 | 0,79 |
| Total pesados (g x t) s/ total. | 458 | 120 | 44 | 228 | 235 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 934 | 204 | 97 | 466 | 444 |
| Número de partículas de oro | 1 | 10 | 0 | 0 | 0 |

SECTOR 08 - GA

| Muestra | 01GA-01 | 01GA-02 | 01GA-03 | 01GA-04 | 01GA-05 |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Total muestra (g) | 23100 | 19910 | 19210 | 19980 | 20070 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 7560 | 18950 | 19189 | 19896 | 19255 |
| Total pesados (g) | 1,19 | 1,98 | 2,24 | 9,99 | 4,65 |
| % pesados s/ total muestra | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,02 |
| % pesados s/ particulas ≤1 mm | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,05 | 0,02 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,01 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,00 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,08 | 0,19 | 0,22 | 0,82 | 0,58 |
| 0,30 A.(g) | 0,36 | 0,76 | 0,86 | 3,90 | 1,60 |
| 0,45 A.(g) | 0,25 | 0,50 | 0,68 | 3,05 | 1,37 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,34 | 0,35 | 0,31 | 1,29 | 0,55 |
| Diamagnéticos (g) | 0,15 | 0,18 | 0,17 | 0,92 | 0,55 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 52 | 99 | 117 | 500 | 232 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 157 | 104 | 117 | 502 | 241 |
| Número de partículas de oro | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 |

| Muestra | 01GA-06 | 01GA-08 | 01GA-09 | SPR-01A | SPR-01B |
|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Total muestra (g) | 7130 | 6690 | 3590 | 62325 | 11840 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 4944 | 6600 | 3452 | 62325 | 11840 |
| Total pesados (g) | 0,28 | 0,75 | 0,10 | 17,15 | 5,06 |
| % pesados s/ total muestra | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,04 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,03 | 0,04 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,01 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,01 | 0,06 | 0,02 | 0,97 | 0,32 |
| 0,30 A.(g) | 0,08 | 0,29 | 0,03 | 4,96 | 1,60 |
| 0,45 A.(g) | 0,06 | 0,19 | 0,01 | 6,88 | 1,52 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,09 | 0,14 | 0,02 | 2,81 | 1,04 |
| Diamagnéticos (g) | 0,04 | 0,07 | 0,02 | 1,51 | 0,57 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 39 | 112 | 28 | 275 | 427 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 57 | 114 | 29 | 275 | 427 |
| Número de partículas de oro | 1 | 2 | 0 | -- | -- |

3.2.12.- Cantidad de minerales pesados separados de las muestras del Holoceno y número de partículas de oro obtenidas.

SECTOR 01 - SEL

| Muestra | 03SEL | 04SEL | 05SEL | 09SEL | 10SEL |
|---------------------------------|--------|--------|--------|-------|--------|
| | GRPAMI | GRPAMI | GRPAMI | GRPA | GRPAMI |
| Total muestra (g) | 7140 | 20155 | 8960 | 8000 | 8200 |
| Total part. ≤ 1 mm (g) | 4215 | 7050 | 4450 | 3940 | 5060 |
| Total pesados (g) | 12,06 | 2,53 | 2,09 | 1,85 | 2,94 |
| % pesados s/ total muestra | 0,17 | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,04 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,29 | 0,01 | 0,05 | 0,05 | 0,06 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,28 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 9,08 | 0,23 | 0,26 | 0,23 | 0,65 |
| 0,30 A.(g) | 1,96 | 1,35 | 1,23 | 1,10 | 1,21 |
| 0,45 A.(g) | 0,41 | 0,32 | 0,23 | 0,20 | 0,66 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,12 | 0,30 | 0,14 | 0,12 | 0,18 |
| Diamagnéticos (g) | 0,21 | 0,29 | 0,22 | 0,20 | 0,23 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 1689 | 359 | 233 | 231 | 359 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 2861 | 126 | 470 | 470 | 581 |
| Número de partículas de oro | 0 | 1 | 0 | 1 | 9 |

| Muestra | 11SEL | 13SEL |
|---------------------------------|--------|--------|
| | GRPAMI | GRPAMI |
| Total muestra (g) | 7270 | 28560 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 3610 | 14890 |
| Total pesados (g) | 3,06 | 8,23 |
| % pesados s/ total muestra | 0,04 | 0,03 |
| % pesados s/partículas ≤1 mm | 0,08 | 0,06 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,08 | 0,02 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,49 | 1,65 |
| 0,30 A.(g) | 1,69 | 3,02 |
| 0,45 A.(g) | 0,59 | 2,57 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,12 | 0,86 |
| Diamagnéticos (g) | 0,09 | 0,11 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 421 | 288 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 848 | 553 |
| Número de partículas de oro | 4 | 0 |

SECTOR 02 - MAR

| Muestra | 01MAR | 02MAR | 03MAR | 04MAR | 05MAR |
|---------------------------------|-------|--------|--------|--------|-------|
| | GRCL | GRPAMI | GRPAMI | GRPAMI | GRCL |
| Total muestra (g) | 6650 | 16435 | 16526 | 15611 | 13200 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 1950 | 6813 | 7230 | 5300 | 6070 |
| Total pesados (g) | 1,32 | 2,20 | 1,12 | 1,36 | 0,31 |
| % pesados s/ total muestra | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,00 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,07 | 0,03 | 0,02 | 0,03 | 0,01 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,09 | 0,13 | 0,09 | 0,12 | 0,03 |
| 00,30 A.(g) | 0,69 | 1,28 | 0,41 | 0,87 | 0,11 |
| 0,45 A.(g) | 0,29 | 0,54 | 0,23 | 0,27 | 0,06 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,19 | 0,10 | 0,14 | 0,05 | 0,04 |
| Diamagnéticos (g) | 0,05 | 0,14 | 0,24 | 0,04 | 0,06 |
| Total pesados (g x t) s/ tota | 198 | 134 | 68 | 87 | 23 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 677 | 323 | 155 | 257 | 51 |
| Número de partículas de oro | 8 | 0 | 1 | 0 | 0 |

| Muestra | 06MAR | 07MAR | 08MAR | 09MAR |
|---------------------------------|--------|--------|--------|-------|
| | GRPAMI | GRPAMI | GRPAMI | GRCL |
| Total muestra (g) | 4800 | 5160 | 4350 | 3400 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 1615 | 1825 | 1170 | 1750 |
| Total pesados (g) | 1,65 | 1,31 | 2,18 | 2,01 |
| % pesados s/ total muestra | 0,03 | 0,03 | 0,05 | 0,06 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,10 | 0,07 | 0,19 | 0,11 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,01 | 0,03 | 0,04 | 0,02 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,25 | 0,15 | 0,31 | 0,22 |
| 0,30 A.(g) | 0,45 | 0,74 | 1,05 | 1,09 |
| 0,45 A.(g) | 0,40 | 0,26 | 0,33 | 0,41 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,47 | 0,08 | 0,13 | 0,09 |
| Diamagnéticos (g) | 0,07 | 0,05 | 0,32 | 0,18 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 344 | 254 | 501 | 591 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 1022 | 718 | 1863 | 1149 |
| Número de partículas de oro | 3 | 0 | 1 | 0 |

SECTOR 03 - VOR

| Muestra | 01VOR | 02VOR | 05VOR | 08VOR | 09-OR |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | GRPAMI | GRPAMI | GRPAMI | GRPAMI | GRPAMI |
| Total muestra (g) | 12400 | 8000 | 7300 | 7540 | 6740 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 4060 | 2925 | 3710 | 3625 | 4290 |
| Total pesados (g) | 2,44 | 0,75 | 1,52 | 1,44 | 2,41 |
| % pesados s/ total muestra | 0,02 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,04 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,06 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,06 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,06 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,03 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,30 | 0,08 | 0,08 | 0,12 | 0,20 |
| 0,30 A.(g) | 1,38 | 0,33 | 0,76 | 0,69 | 1,10 |
| 0,45 A.(g) | 0,53 | 0,25 | 0,53 | 0,51 | 0,78 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,11 | 0,02 | 0,11 | 0,07 | 0,23 |
| Diamagnéticos (g) | 0,06 | 0,05 | 0,02 | 0,03 | 0,07 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 197 | 94 | 208 | 191 | 358 |
| Total pesados (g x t) / p.≤1 mm | 601 | 256 | 410 | 397 | 562 |
| Número de partículas de oro | 2 | 0 | 0 | 0 | 7 |

| Muestra | 10VOR-03 | 10VOR-12 | 11VOR | 12VOR | 13VOR |
|---------------------------------|----------|----------|--------|-------|--------|
| | GRQU | GRQ | GRPAMI | GRPA | GRPAMI |
| Total muestra (g) | 7000 | 47740 | 6640 | 6440 | 10800 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 2590 | 12015 | 4580 | 3620 | 7975 |
| Total pesados (g) | 5,25 | 6,84 | 1,23 | 0,94 | 6,51 |
| % pesados s/ total muestra | 0,08 | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,06 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,20 | 0,06 | 0,03 | 0,03 | 0,08 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,14 | 0,98 | 0,01 | 0,01 | 0,28 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,2 | 0,82 | 0,13 | 0,08 | 1,01 |
| 0,30 A.(g) | 1,4 | 3,26 | 0,58 | 0,43 | 2,02 |
| 0,45 A.(g) | 1,46 | 1,31 | 0,37 | 0,27 | 1,26 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,88 | 0,83 | 0,10 | 0,09 | 1,13 |
| Diamagnéticos (g) | 1,17 | 0,62 | 0,04 | 0,06 | 0,81 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 750 | 143 | 185 | 146 | 603 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 2027 | 569 | 269 | 260 | 816 |
| Número de partículas de oro | 0 | >160 | 0 | 0 | 0 |

| Muestra | 14VOR | 15VOR | 19VOR | 21VOR | 29VOR |
|---------------------------------|--------|--------|-------|-------|-------|
| | GRPAMI | GRPAMI | GRMI | GRMI | GRMI |
| Total muestra (g) | 8720 | 8590 | 8130 | 8820 | 26000 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 9620 | 12950 | 3570 | 3680 | 16535 |
| Total pesados (g) | 2,33 | 9,42 | 1,63 | 6,38 | 9,17 |
| % pesados s/ total muestra | 0,03 | 0,11 | 0,02 | 0,07 | 0,04 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,02 | 0,07 | 0,05 | 0,17 | 0,06 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,06 | 0,10 | 0,11 | 0,33 | 0,57 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,30 | 3,70 | 0,17 | 0,74 | 1,59 |
| 0,30 A.(g) | 0,77 | 3,38 | 0,74 | 3,29 | 3,00 |
| 0,45 A.(g) | 0,42 | 1,81 | 0,39 | 1,27 | 1,43 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,43 | 0,39 | 0,16 | 0,36 | 1,33 |
| Diamagnéticos (g) | 0,35 | 0,04 | 0,06 | 0,39 | 1,25 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 267 | 1097 | 200 | 723 | 353 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 242 | 727 | 457 | 1734 | 555 |
| Número de partículas de oro | 0 | 2 | 1 | 1 | 1 |

| Muestra | 30VOR | 33VOR | 36VOR | 39VOR | 40VOR |
|---------------------------------|--------|--------|--------|-------|-------|
| | GRPAMI | GRPAMI | GRPAMI | GRPA | GRMI |
| Total muestra (g) | 27000 | 25000 | 29800 | 20000 | 28500 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 19910 | 15085 | 5170 | 15930 | 11370 |
| Total pesados (g) | 18,97 | 5,31 | 2,98 | 28,51 | 7,28 |
| % pesados s/ total muestra | 0,07 | 0,02 | 0,01 | 0,14 | 0,03 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,10 | 0,04 | 0,06 | 0,18 | 0,06 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,13 | 0,02 | 0,01 | 1,44 | 0,05 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 7,06 | 0,67 | 0,11 | 13,75 | 1,31 |
| 0,30 A.(g) | 6,12 | 2,11 | 1,42 | 6,30 | 4,19 |
| 0,45 A.(g) | 3,63 | 1,70 | 1,03 | 3,75 | 1,06 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 1,36 | 0,68 | 0,30 | 0,98 | 0,47 |
| Diamagnéticos (g) | 0,67 | 0,13 | 0,11 | 2,29 | 0,20 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 703 | 212 | 100 | 1426 | 255 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 953 | 352 | 576 | 1790 | 640 |
| Número de partículas de oro | 4 | 0 | 2 | 1 | 2 |

| Muestra | 43VOR | 44VOR | 49VOR | 50VOR | 51VOR |
|---------------------------------|--------|-------|--------|--------|-------|
| | GRPAMI | RINT | GRPAMI | GRPAMI | GRPA |
| Total muestra (g) | 28000 | 25000 | 19115 | 21870 | 15115 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 15680 | 15450 | 8250 | 4170 | 5035 |
| Total pesados (g) | 4,65 | 9,43 | 11,51 | 9,13 | 5,87 |
| % pesados s/ total muestra | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,04 | 0,04 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,03 | 0,06 | 0,14 | 0,22 | 0,12 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,01 | 0,03 | 0,12 | 0,19 | 0,22 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,82 | 0,49 | 1,62 | 0,51 | 0,31 |
| 0,30 A.(g) | 2,55 | 5,35 | 6,28 | 4,35 | 3,39 |
| 0,45 A.(g) | 0,51 | 2,46 | 0,57 | 1,47 | 1,06 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,37 | 0,90 | 1,12 | 0,92 | 0,49 |
| Diamagnéticos (g) | 0,39 | 0,20 | 1,80 | 1,69 | 0,18 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 166 | 377 | 602 | 417 | 388 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 297 | 610 | 1395 | 2189 | 1166 |
| Número de partículas de oro | 1 | 0 | 1 | 5 | 0 |

| Muestra | 52VOR | 55VOR | 34VOR |
|---------------------------------|--------|-----------|-----------|
| | GRPAMI | GRPAMI/TR | GRPAMI/TR |
| Total muestra (g) | 22115 | 28170 | 13100 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 7450 | 8850 | 5170 |
| Total pesados (g) | 7,89 | 15,96 | 2,98 |
| % pesados s/ total muestra | 0,04 | 0,06 | 0,02 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,11 | 0,18 | 0,06 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,30 | 1,44 | 0,01 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,43 | 2,59 | 0,11 |
| 0,30 A.(g) | 4,77 | 4,73 | 1,42 |
| 0,45 A.(g) | 1,49 | 3,62 | 1,03 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,70 | 1,96 | 0,30 |
| Diamagnéticos (g) | 0,20 | 1,62 | 0,11 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 357 | 567 | 227 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 1059 | 1803 | 576 |
| Número de partículas de oro | 10 | 12 | 2 |

SECTOR 04 - VOC

| Muestra | 01VOC | 04VOC | 007-VOC |
|---------------------------------|--------|--------|---------|
| | GRPAMI | GRPAMI | GRPAMI |
| Total muestra (g) | 7750 | 7750 | 8010 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 2890 | 2360 | 2765 |
| Total pesados (g) | 3,21 | 3,33 | 1,03 |
| % pesados s/ total muestra | 0,04 | 0,04 | 0,01 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,11 | 0,14 | 0,04 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,01 | 0,05 | 0,01 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,17 | 0,15 | 0,22 |
| 0,30 A.(g) | 1,60 | 1,81 | 0,43 |
| 0,45 A.(g) | 0,85 | 0,86 | 0,14 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,30 | 0,32 | 0,15 |
| Diamagnéticos (g) | 0,28 | 0,14 | 0,08 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 414 | 430 | 129 |
| Total pesados (g x t) s/p ≤1 mm | 1111 | 1411 | 373 |
| Número de partículas de oro | 5 | 0 | 4 |

| Muestra | 05BLL |
|---------------------------------|--------|
| | GRPAMI |
| Total muestra (g) | 12310 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 2740 |
| Total pesados (g) | 1,13 |
| % pesados s/ total muestra | 0,01 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,04 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,02 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,12 |
| 0,30 A.(g) | 0,58 |
| 0,45 A.(g) | 0,28 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,05 |
| Diamagnéticos (g) | 0,08 |
| Total pesados (g x t) s/ total | 92 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 412 |
| Número de partículas de oro | 5 |

SECTOR
05 - BLL

| Muestra | 06AN | 07AN | 09-AN |
|-----------------------------------|------------|--------|--------|
| | GRPAMI/TRR | GRPAMI | GRPAMI |
| Total muestra (g) | 31050 | 24550 | 27280 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 4730 | 7350 | 4980 |
| Total pesados (g) | 4,17 | 4,75 | 4,00 |
| % pesados s/ total muestra | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,09 | 0,06 | 0,08 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,23 | 0,79 | 0,42 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,17 | 0,36 | 0,33 |
| 0,30 A.(g) | 2,89 | 2,86 | 2,01 |
| 0,45 A.(g) | 0,70 | 0,52 | 0,55 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,12 | 0,15 | 0,26 |
| Diamagnéticos (g) | 0,06 | 0,07 | 0,43 |
| Total pesados (g x t) s/ total m. | 134 | 193 | 147 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 882 | 646 | 803 |
| Número de partículas de oro | 0 | 0 | 0 |

SECTOR
06 - AN

SECTOR 07 - AP

| Muestra | 02AP | 03AP | 04AP | 05AP | 06AP | 08AP |
|-----------------------------------|------|--------|---------|------|------|--------|
| | GRMI | GRPAMI | Terraza | GRMI | GRMI | GRPAMI |
| Total muestra (g) | 6545 | 7800 | 5715 | 6960 | 7940 | 6660 |
| Total part. ≤ 1 mm.(g) | 5125 | 2635 | 1385 | 3080 | 4400 | 3920 |
| Total pesados (g) | 2,72 | 2,46 | 1,07 | 2,56 | 4,68 | 0,80 |
| % pesados s/ total muestra | 0,04 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,01 |
| % pesados s/ partículas ≤1 mm | 0,05 | 0,09 | 0,08 | 0,08 | 0,11 | 0,02 |
| Ferromagnéticos (g) | 0,32 | 0,02 | 0,01 | 0,12 | 0,24 | 0,01 |
| 0,10-0,15 A. (g) | 0,21 | 0,44 | 0,12 | 0,24 | 0,48 | 0,08 |
| 0,30 A.(g) | 1,07 | 0,92 | 0,34 | 0,80 | 1,54 | 0,35 |
| 0,45 A.(g) | 0,67 | 0,48 | 0,11 | 0,68 | 1,17 | 0,15 |
| 0,80-1,3 A.(g) | 0,29 | 0,29 | 0,08 | 0,26 | 0,50 | 0,05 |
| Diamagnéticos (g) | 0,16 | 0,31 | 0,41 | 0,46 | 0,75 | 0,16 |
| Total pesados (g x t) s/ total m. | 416 | 315 | 187 | 368 | 589 | 120 |
| Total pesados (g x t) s/p.≤1 mm | 531 | 934 | 773 | 831 | 1064 | 204 |
| Número de partículas de oro | 0 | 4 | 1 | 1 | 0 | 11 |

3.2.13.-Gráficos de g/t de los minerales pesados en cada afloramiento y promedio para cada sector. Promedios de litologías.

En las tablas que se incluyen a continuación, se relaciona la cantidad de gramos de minerales pesados por cada tonelada de muestra de la fracción de tamaño ≤1mm.

Se incorpora el promedio de las litologías >3,72mm que corresponden a cada una de ellas.

También se informa de la composición mayoritaria de la fracción >1mm e ≤3,72 mm.

Hemos de tener en cuenta que en muchas ocasiones esta fracción presenta cantidades abundantes de "sauro" que proceden de la descomposición de los granitos y pórfidos y que superan los porcentajes que se han deducido en la cuantificación de las gravas.

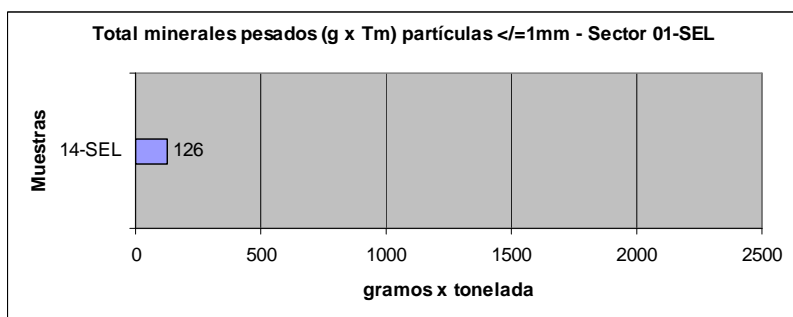
Las rocas metamórficas son mucho más resistentes en general que los granitos y pórfidos y por tanto se conservan sin descomponer en las fracciones de mayor tamaño.

Es importante tener en cuenta ambos valores para poder deducir que relieves son los que pueden aportar minerales pesados en mayor cantidad, dejando a parte aquellas partículas de minerales cuya paragénesis está perfectamente definida.

En cada sector considerado, hay afloramientos más o menos próximos a sus áreas fuente. Es por tanto lógico que en función de las distancias y en caso de que procedan de relieves donde existen rocas metamórficas y granitoides próximos, la distribución de cantidades de ambos, debido a lo expuesto, puedan variar considerablemente en función del recorrido y las distancias.

Como se puede observar junto a cada uno de los diagramas que se exponen a continuación, los porcentajes de participación de las litologías en las fracciones superiores a 1mm están en concordancia con la composición de los relieves que limitan al norte de cada sector con la falla septentrional.

Muestras del Mioceno



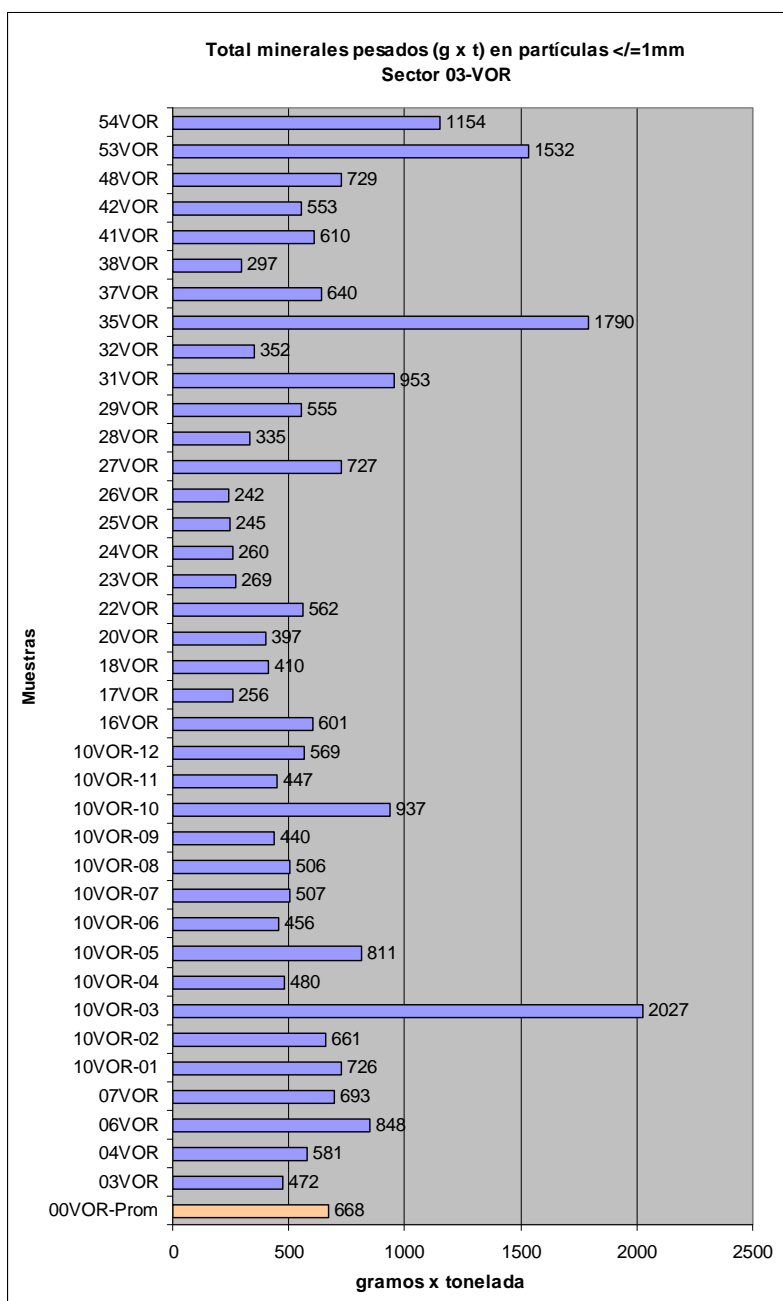
SECTOR 01-SEL

Promedio litologías $>3,72\text{mm}$

Rocas metamórficas: 60%
Granitos: 10%
Pórfidos:
Cuarzo: 30%
Rocas Calcáreas:
Areniscas:
Otras:

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

Metamórficas: abundante
Sauló: mayoritario
Calcáreas: escasas



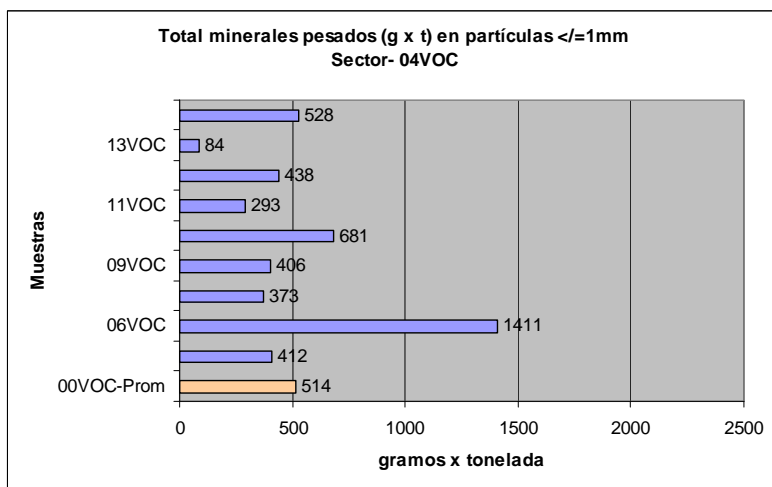
SECTOR 03-VOR

Promedio litologías $>3,72\text{mm}$

Rocas metamórficas: 38%
Granitos: 18%
Pórfidos: 15%
Cuarzo: 9%
Rocas Calcáreas: 1%
Areniscas: 11%
Otras: 8%

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

Metamórficas: abundantes
Sauló: mayoritario
Calcáreas: escasas



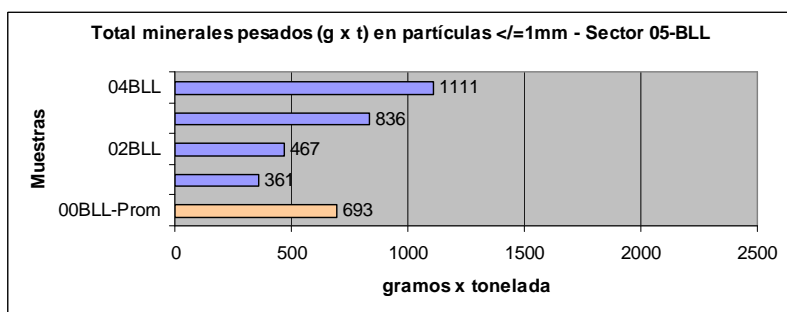
SECTOR 04-VOC

Promedio litologías >3,72mm

Rocas metamórficas: 46%
Granitos: 5%
Pórfidos: 4%
Cuarzo: 14%
Rocas Calcáreas: 14%
Areniscas: 9%
Otras: 8%

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

Metamórficas: mayoritarias
Sauló: abundante
Calcáreas: escasas



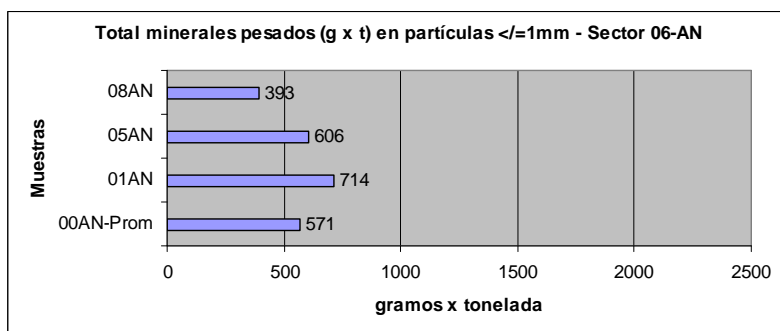
SECTOR 05-BLL

Promedio litologías >3,72mm

Rocas metamórficas: 39%
Granitos: 3%
Pórfidos: 2%
Cuarzo: 14%
Rocas Calcáreas: 21%
Areniscas: 12%
Otras: 9%

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

Metamórficas: mayoritarias
Sauló: escaso
Calcáreas: abundantes



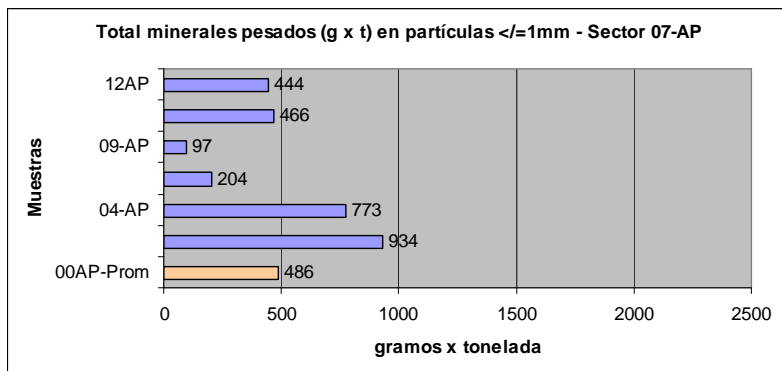
SECTOR 06-AN

Promedio litologías >3,72mm

Rocas metamórficas: 65%
Granitos:
Pórfidos:
Cuarzo: 14%
Rocas Calcáreas: 13%
Areniscas: 5%
Otras: 3%

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

Metamórficas: mayoritarias
Sauló: escaso
Calcáreas: abundantes



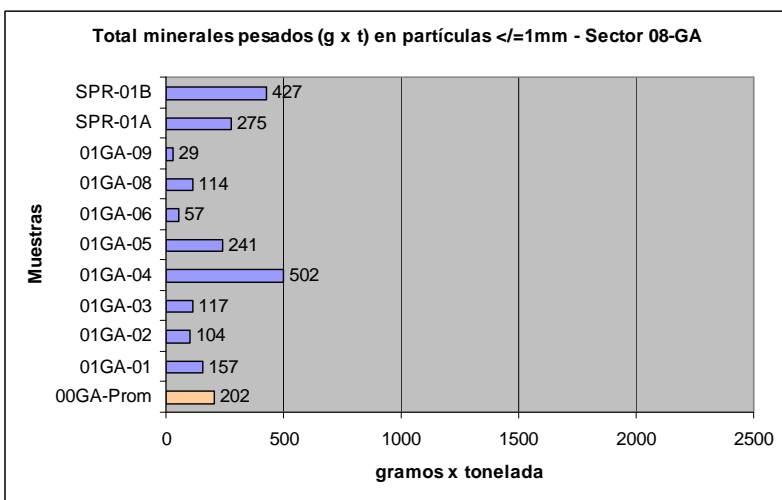
SECTOR 07-AP

Promedio litologías >3,72mm

Rocas metamórficas: 6%
Granitos: 2%
Pórfidos: 1%
Cuarzo: 9%
Rocas Calcáreas: 66%
Areniscas: 13%
Otras: 3%

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

Metamórficas: minoritarias
Sauló: minoritario
Calcáreas: mayoritarias



SECTOR 08-GA

Promedio litologías >3,72mm

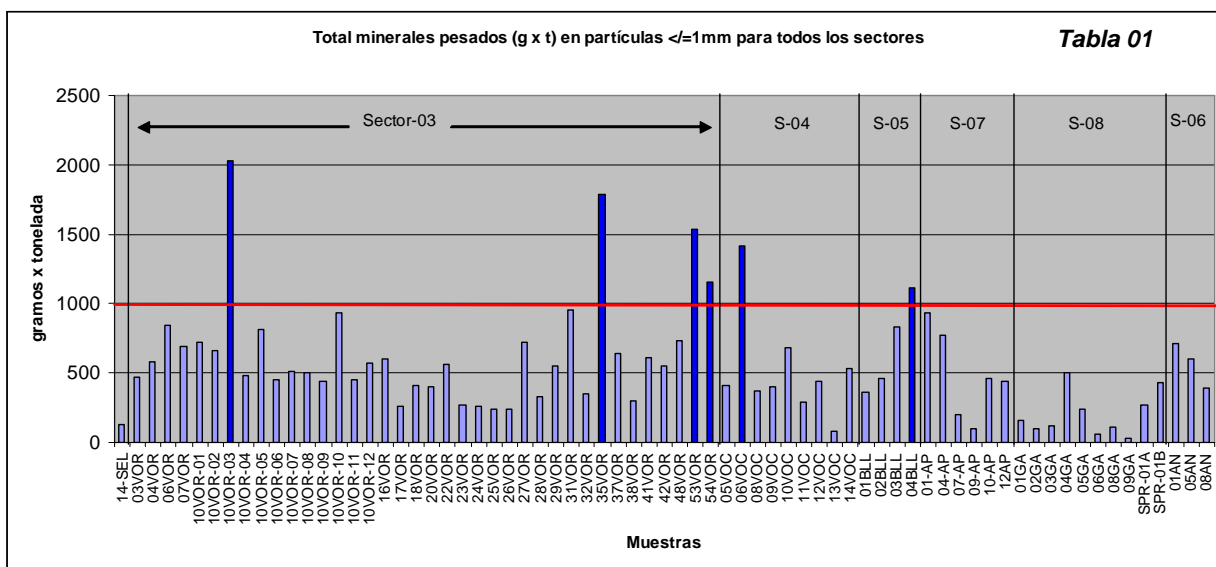
Rocas metamórficas:
Granitos:
Pórfidos:
Cuarzo: 16%
Rocas Calcáreas:
Areniscas: 22%
Arenas silíceas: 62%

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

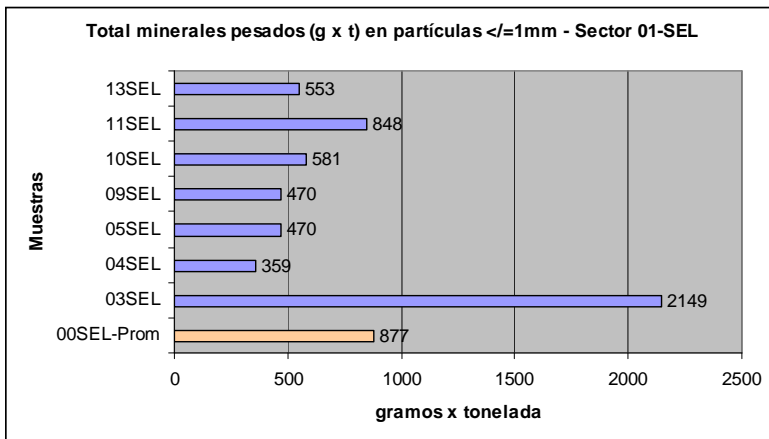
Arenas silíceas:
mayoritarias

Conclusiones:

Las muestras con mayores porcentajes de minerales pesados (>1000g/t), corresponden al Sector-03 (Vallès Oriental). Las de menor porcentaje al Sector-08 (arenas miocénicas de la fosa de Vilanova). (Tabla 01).



Muestras del Holoceno



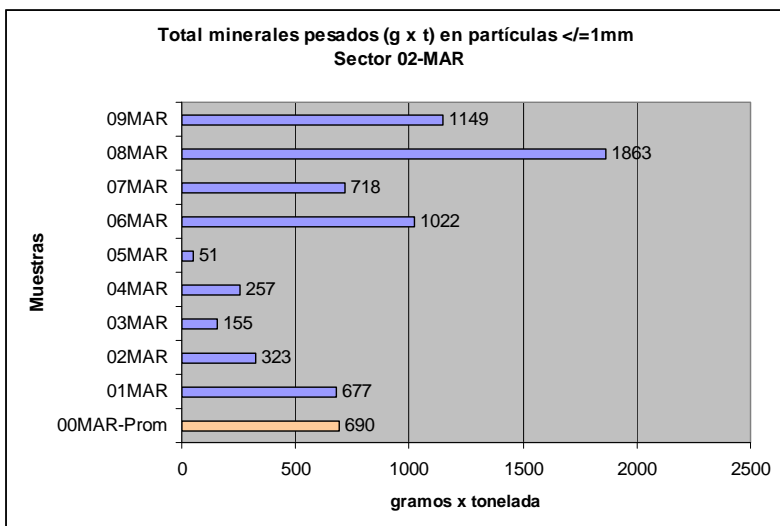
SECTOR 01-SEL

Promedio litologías >3,72mm

Rocas metamórficas: 20%
Granitos: 57%
Pórfidos: 7%
Cuarzo: 12%
Rocas Calcáreas: 1%
Areniscas: 2%
Otras: 1%

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

Metamórficas: abundantes
Sauló: mayoritarias
Calcáreas: muy escasas



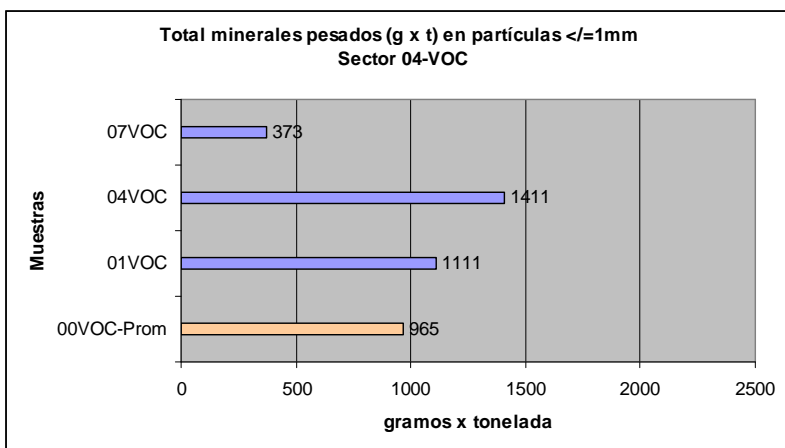
SECTOR 02-MAR

Promedio litologías >3,72mm

Rocas metamórficas: 25%
Granitos: 44%
Pórfidos: 11%
Cuarzo: 14%
Rocas Calcáreas: 1%
Areniscas: 1%
Otras: 4%

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

Metamórficas: abundantes
Sauló: mayoritarias
Calcáreas: muy escasas



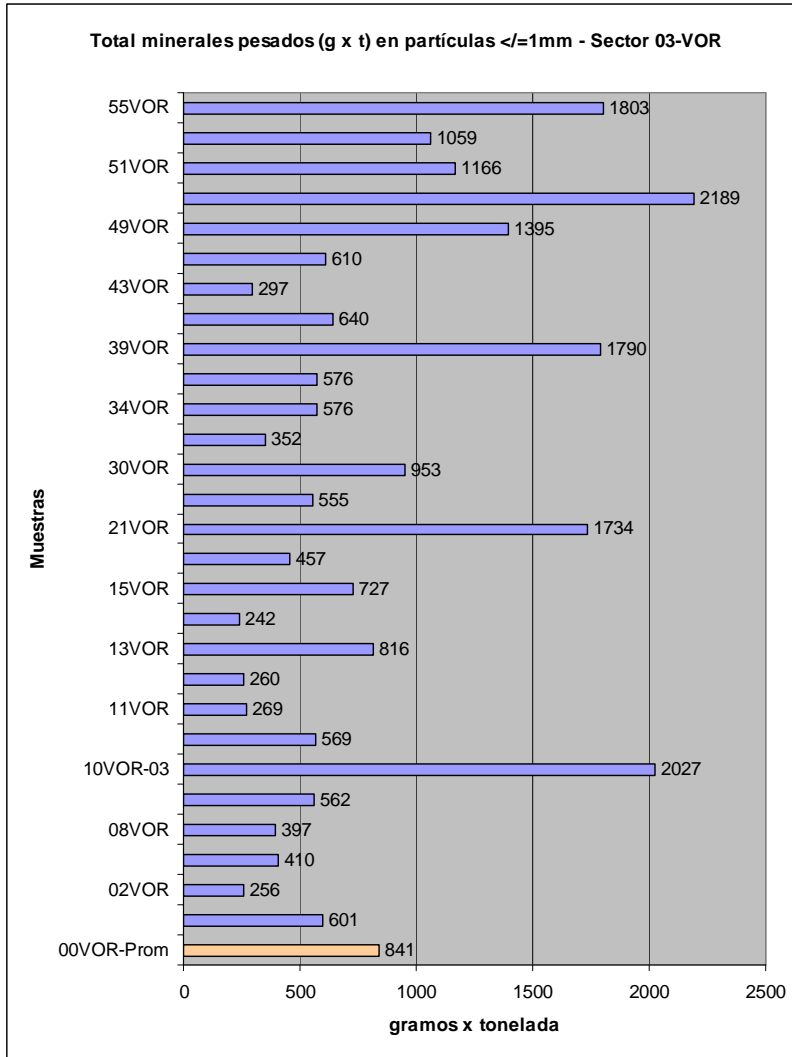
SECTOR 04-VOC

Promedio litologías >3,72mm

Rocas metamórficas: 48%
Granitos: 6%
Pórfidos:
Cuarzo: 16%
Rocas Calcáreas: 13%
Areniscas: 12%
Otras: 5%

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

Metamórficas: mayoritarias
Sauló: abundante
Calcáreas: abundante



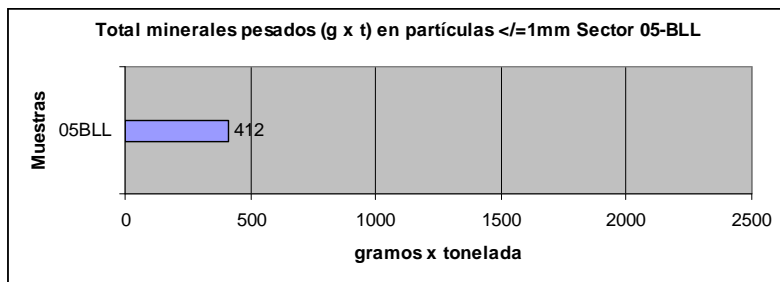
SECTOR 03-VOR

Promedio litologías >3,72mm

Rocas metamórficas: 35%
 Granitos: 23%
 Pórfidos: 13%
 Cuarzo: 13%
 Rocas Calcáreas: 5%
 Areniscas: 5%
 Otras: 6%

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

Metamórficas: abundantes
 Sauló: mayoritarias
 Calcáreas: escasas



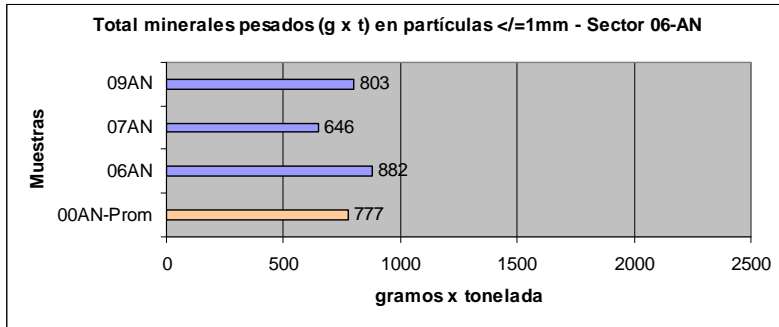
SECTOR 05-BLL

Promedio litologías >3,72mm

Rocas metamórficas: 36%
 Granitos: 7%
 Pórfidos:
 Cuarzo: 27%
 Rocas Calcáreas: 17%
 Areniscas: 9%
 Otras: 4%

Estimación litologías $\leq 3,72\text{mm}$

Metamórficas: mayoritarias
 Sauló: escaso
 Calcáreas: abundantes



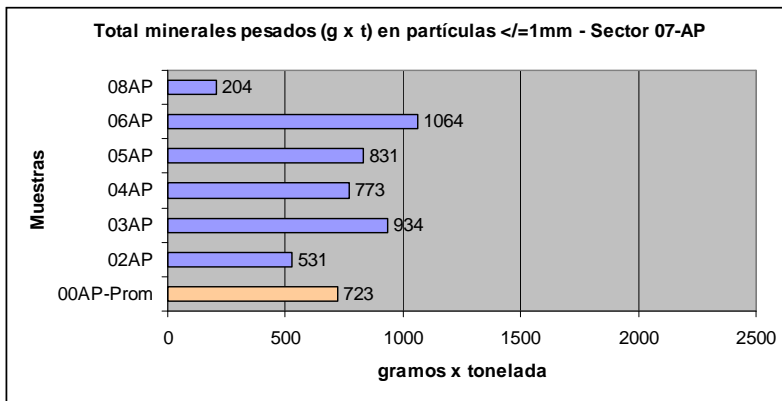
SECTOR 06-AN

Promedio litologías >3,72mm

Rocas metamórficas: 38%
 Granitos: 2%
 Pórfidos: 1%
 Cuarzo: 12%
 Rocas Calcáreas: 47%
 Areniscas:
 Otras:

Estimación litologías <=3,72mm

Metamórficas: abundantes
 Sauló: escasas
 Calcáreas: abundantes



SECTOR 07-AP

Promedio litologías >3,72mm

Rocas metamórficas: 21%
 Granitos:
 Pórfidos:
 Cuarzo: 13%
 Rocas Calcáreas: 42%
 Areniscas: 19%
 Otras: 5%

Estimación litologías <=3,72mm

Metamórficas: abundantes
 Sauló: muy escaso
 Calcáreas: mayoritarias

Conclusiones:

Las muestras con mayores porcentajes de minerales pesados (>1000g/t), corresponden al Sector-03 (Vallès Oriental), al Sector-02 (márgenes del Río Tordera en el Maresme) y al Sector-01 (Riera de Sta. Coloma). (Tabla 02).

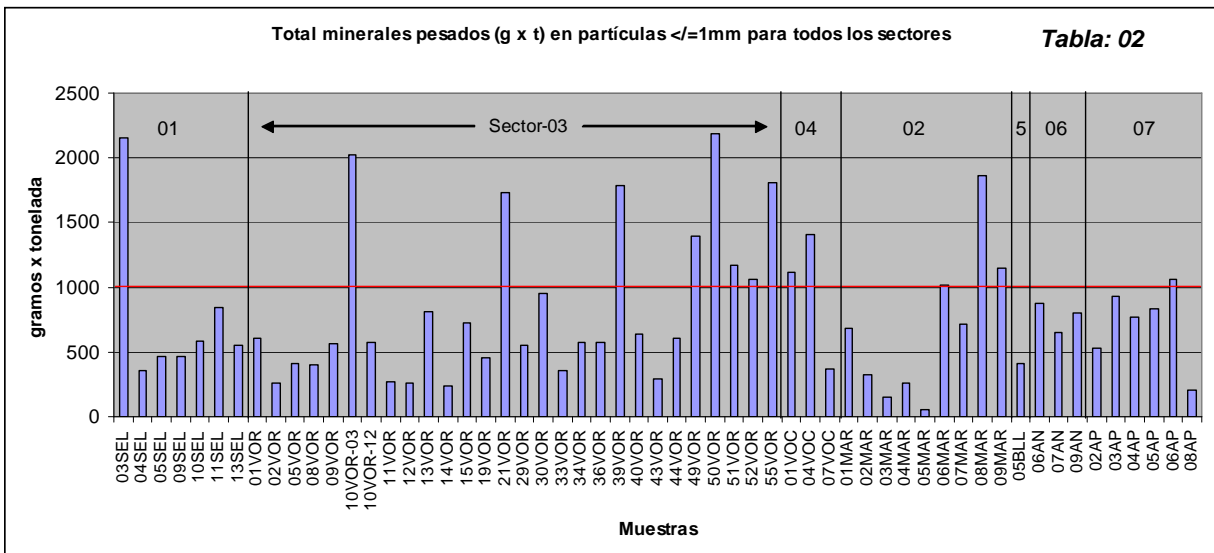


Tabla: 02

3.2.14.- Cuantificación de los minerales pesados en cada muestra

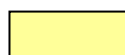
1- Por estimación i/o evaluación visual (porcentaje por número de partículas):

Una vez identificados todos los minerales y conocido su aspecto externo, se efectúa un conteo manual por grupos aleatorios de 100/200 partículas siguiendo los métodos descritos por Parfenoff *et al.*, (1970) y para los tamaños > 300 µm, > 100 µm e < 100 µm, que son los más representativos en cuanto a contenidos (observación VE). Esta técnica, que requiere de un observador experto y entrenado, solo nos informa del porcentaje en cuanto al número de partículas dentro de cada fracción granulométrica (Tabla 01).

Si queremos obtener el porcentaje en peso, debemos considerar en cada fracción una uniformidad de volumen y después de multiplicar por los pesos específicos de cada mineral calcular un promedio para toda la muestra (en función del peso total aportado por cada fracción). (Tabla 02)

Tabla 01: Ejemplo de plantilla para la entrada de datos de la fracción >300µm de la muestra 12AP

| Porcentaje en número de partículas del total de la muestra estimado por VE para la fracción >300 µm | | | | | | | |
|---|------------|----------|---------------|----------|----------|---------------|----------|
| Minerales | P.e. medio | Magnét % | 0,10-0,15 A % | 0,30 A % | 0,45 A % | 0,80-1,30 A % | Diamag.% |
| Magnetita | 5,18 | 50,00 | | | | | |
| Esférulas Magnet | 5,18 | 20,00 | | | | | |
| Óxidos Fe. | 4,75 | 25,00 | 23,00 | 40,00 | 20,00 | 2,00 | |
| Ilmenita | 4,80 | | 38,00 | 2,00 | | | |
| Granate Alm/Spess | 4,20 | | 13,00 | 5,00 | | | |
| Epidota I | 3,40 | | 26,00 | 28,00 | 18,00 | | |
| Epidota II | 3,40 | | | 20,00 | 15,00 | | |
| Estaurolita | 3,70 | | | | 3,00 | | |
| Anfib (Hornblenda) | 3,25 | | | | | | |
| Turmalina | 3,10 | | | | 2,00 | | |
| Granate Gros/Andr | 3,60 | | | | 35,00 | 45,00 | |
| Monacita | 5,15 | | | | | | |
| Supergrupo Alunita | 3,30 | | | | | 1,00 | |
| Andalucita-1 | 3,18 | | | | | 35,00 | 5,00 |
| Andalucita-2 | 3,18 | | | | | | |
| Leucoxeno | 4,10 | | | | | | |
| CH Apatito (Tipo A) | 3,20 | | | | | | 10,00 |
| Fluorapatito(Tipo B) | 3,20 | | | | | 8,00 | 15,00 |
| Rutilo | 4,20 | | | | | 4,00 | |
| Anatasa | 3,90 | | | | | | |
| Circón | 4,65 | | | | | | |
| Titanita | 3,50 | | | | | | |
| Corindón azul | 4,00 | | | | | | |
| Piratas ox-otros sulf. | 4,85 | | | 5,00 | 5,00 | | |
| Otros | 3,00 | 5,00 | | | 2,00 | 5,00 | 70,00 |
| Oro | 19,30 | | | | | | |



Minerales identificados y sus porcentajes

Los cálculos en peso realizados con este método en una muestra (12AP) que corresponde al afloramiento JE-012-AP y que podemos considerar como representativa del sector (07-AP), comparados con los obtenidos por los análisis semicuantitativo de DRX, no ofrecen diferencias superiores al 16% en los componentes esenciales. Como se puede observar en el estudio comparativo adjunto.

Estudio comparativo entre la cuantificación realizada por observación estereomicroscópica (VE) y el análisis semicuantitativo con DRX, para la muestra 12AP (Tabla: 03).

Valores iniciales:

| Muestra 12AP | | | |
|--|--------|--------|-------|
| Peso de cada fracción granulométrica (g) | | | |
| >300µm | >100µm | <100µm | Total |
| 0,19 | | | 0,19 |
| 1,52 | 3,50 | 0,29 | 5,31 |
| | | | 5,50 |

| Muestra 12AP | | | | | | |
|---|------------|-------|-------|------------|--------|-------|
| Separación en cada rango electromagnético (peso en g) | | | | | | |
| AP-01 | AP-02 | AP-03 | AP-04 | AP-05 | AP-06 | Total |
| Ferromag | 0,10-0,15A | 0,30A | 0,45A | 0,80-1,30A | Diamag | |
| 0,19 | 0,72 | 2,41 | 0,87 | 0,52 | 0,79 | 5,50 |

Tabla 02- Relación de los valores obtenidos (VE) para el total de la muestra 12AP

| Minerales | Fracción >300µm | | Fracción >100µm | | Fracción <100 µm | | Total muestra | |
|-----------------------|-----------------|------------|-----------------|------------|------------------|------------|---------------|------------|
| | Totales % | Totales gr | Totales % | Totales gr | Totales % | Totales gr | Totales % | Totales gr |
| Magnetita | 5,70 | 0,0974 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 1,77 | 0,10 |
| Esférulas Magnet | 2,28 | 0,0390 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,71 | 0,04 |
| Óxidos Fe. | 27,58 | 0,4715 | 26,72 | 0,9352 | 1,50 | 0,0043 | 25,65 | 1,41 |
| Ilmenita | 2,89 | 0,0493 | 13,23 | 0,4631 | 36,32 | 0,1053 | 11,23 | 0,62 |
| Granate Alm/Spess | 2,60 | 0,0445 | 4,31 | 0,1507 | 2,50 | 0,0073 | 3,68 | 0,20 |
| Epidota I | 13,48 | 0,2304 | 11,88 | 0,4158 | 3,72 | 0,0108 | 11,95 | 0,66 |
| Epidota II | 9,35 | 0,1599 | 10,75 | 0,3764 | 4,39 | 0,0127 | 9,98 | 0,55 |
| Estaurolita | 0,61 | 0,0105 | 1,57 | 0,0549 | 0,73 | 0,0021 | 1,23 | 0,07 |
| Anfib. (Hornblenda) | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,00 |
| Turmalina | 0,34 | 0,0059 | 1,07 | 0,0374 | 0,61 | 0,0018 | 0,82 | 0,05 |
| Granate Gros/And | 11,93 | 0,2040 | 8,83 | 0,3089 | 5,62 | 0,0163 | 9,62 | 0,53 |
| Monacita | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,00 |
| Sup. Grup. Alunitas | 0,10 | 0,0017 | 0,09 | 0,0031 | 0,00 | 0,0000 | 0,09 | 0,00 |
| Andalucita 1 | 4,11 | 0,0703 | 3,46 | 0,1211 | 0,18 | 0,0005 | 3,49 | 0,19 |
| Andalucita 2 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,00 |
| Leucoxeno | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,39 | 0,0011 | 0,02 | 0,00 |
| Apatito (Tipo A) | 1,41 | 0,0241 | 3,67 | 0,1283 | 10,31 | 0,0299 | 3,31 | 0,18 |
| Fluorapatito (Tipo B) | 2,90 | 0,0495 | 1,17 | 0,0409 | 0,00 | 0,0000 | 1,64 | 0,09 |
| Rutilo | 0,51 | 0,0088 | 2,98 | 0,1045 | 8,36 | 0,0242 | 2,50 | 0,14 |
| Anatasa | 0,00 | 0,0000 | 0,71 | 0,0249 | 1,84 | 0,0053 | 0,55 | 0,03 |
| Circón | 0,00 | 0,0000 | 2,55 | 0,0891 | 19,93 | 0,0578 | 2,67 | 0,15 |
| Titanita | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,00 |
| Corindón azul | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,0000 | 0,00 | 0,00 |
| Pirita ox-otros sulf | 3,67 | 0,0627 | 1,72 | 0,0602 | 0,48 | 0,0014 | 2,26 | 0,12 |
| Otros | 10,36 | 0,1771 | 5,30 | 0,1855 | 3,12 | 0,0090 | 6,76 | 0,37 |
| | 100,00 | 1,7100 | 100,00 | 3,5000 | 100,00 | 0,2900 | 99,94 | 5,50 |

Tabla 03: Comparación porcentajes obtenidos por VE y DRX

| Comparación de porcentajes sobre el total de la muestra 12AP | | | | |
|--|-----------------------------|------|-------|------------|
| Minerales | Agrupaciones | % VE | % DRX | Diferencia |
| Óxidos Fe. | Óxidos e Hidróxidos (Fe-Ti) | 38,1 | 22,6 | 15,5 |
| Ilmenita | | | | |
| Granate Alm/Spess | | 3,7 | 2,3 | 1,4 |
| Epidota | Epidota | 21,9 | 37,5 | 15,6 |
| Clinocloro | | | | |
| Estauroлита | | 1,2 | 0,0 | 1,2 |
| Turmalinas | | 0,8 | 2,1 | 1,3 |
| Granate Grossularia | | 9,6 | 6,4 | 3,2 |
| Andalucita A | Andalucitas | 3,5 | 2,7 | 0,8 |
| Andalucita B | | | | |
| Apatito | Apatito/Fluorapatito | 5,0 | 4,3 | 0,7 |
| Fluorapatito | | | | |
| Rutilo | Rutilo-Anatasa | 3,1 | 3,9 | 0,8 |
| Anatasa | | | | |
| Circón | | 2,7 | 2,2 | 0,5 |
| Otros | | 6,8 | 7,9 | 1,1 |

Conclusiones:

La fracción ferromagnética no se ha considerado en este comparativo por la dificultad que supone la separación de sus distintos elementos, así como la identificación de aquellos que no siendo magnetitas poseen propiedades magnéticas (ver ficha de Óxidos e Hidróxidos en pag.xx).

No se observan diferencias destacables en los valores bajos de porcentajes.

Las diferencias destacables aparecen en el cómputo de los óxidos e hidróxidos y en la epidota-clinocloro, que con signo contrario quedarían compensadas. El autor no observó cantidades importantes de epidota-clinocloro en el rango de 0,10-0,15A, posición que normalmente no les corresponde, muy posiblemente estas partículas pudieran estar recubiertas con una ligera pátina de oxidación y por tanto fácilmente confundibles con los óxidos que si corresponden a este rango electromagnético.

El procedimiento de valoración de porcentajes por VE es bastante orientativo, salvando problemas que pueden aparecer por causa de adherencias o recubrimientos, sea de óxidos o de otros minerales como las arcillas.

Si hemos de trabajar con un conjunto de muestras de un mismo sector, es recomendable antes de efectuar la evaluación por VE procesar por DRX una muestra completa de cada uno de los rangos de separación para detectar posibilidades de confusión y poderlas evitar al máximo.

2 - Por medio de técnicas analíticas

- Difracción de rayos X (DRX) - porcentaje semicuantitativo en peso de cada mineral.
- Difracción de rayos X (DRX-método Rietveld) - porcentaje cuantitativo en peso de cada mineral.
- Fluorescencia de rayos X (XRF) - porcentaje en peso de los óxidos de cada elemento.

4.- DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DE LOS MATERIALES PESADOS

4.1.- Descripción y estudio de cada especie mineral

4.1.1.- Consideraciones previas

En los próximos capítulos se describen las características principales de cada uno de los minerales pesados que se han identificado en la fracción arena de los materiales sedimentarios contenidos en la fosa neógena del Vallès-Penedès, El oro y las fases del supergrupo de las alunitas, se abordan con una mayor extensión por su interés para esta tesis.

La descripción que corresponde a cada mineral se divide en tres subapartados:

- En el primero se reflejan las propiedades físico-químicas de carácter general.
- En el segundo las características físico-químicas específicas que presentan las partículas minerales de la zona de estudio y que han sido fundamentales para su identificación.
- En el tercero se correlacionan con los tipos de roca que los pueden contener en los relieves limítrofes actuales o en los hipotéticamente preexistentes.

Antes definiremos algunos conceptos que aparecen en las fichas correspondientes a cada especie mineral:

- Estabilidad de los minerales (resistencia a la alteración)

Las condiciones para que ocurra una concentración gravitacional de minerales pesados son:

- Liberación de la de roca original (meteorización)
- Alta densidad de la fase mineral
- Alta resistencia química a la meteorización (no reactivo)
- Durabilidad mecánica (física)

La meteorización es uno de los procesos geológicos más relevantes, por el cual las rocas y los minerales que las constituyen sufren fragmentación y descomposición, transformando, modificando y/o alterando su estructura y sus propiedades físico-químicas.

La meteorización se clasifica en tres grupos básicos, cuyos agentes característicos, interactúan entre ellos. (Tabla 1)

El grado de meteorización en una zona específica está íntimamente relacionado con la litología o estratigrafía de los materiales y las condiciones climáticas y ambientales del período.

Tabla 1: Grupos básicos de la meteorización

| METEORIZACIÓN | EFFECTOS REACCIONES | AGENTES CARACTERÍSTICOS |
|---------------------|---|---|
| Física o Mecánica | Fragmentación y desintegración | Fuerzas gravitacionales, cambios térmicos diarios y estacionales, congelación de agua en las discontinuidades de las rocas, erosión por viento y la lluvia, fricción entre partículas durante el transporte (abrasión). |
| Química | Disolución, hidratación, oxidación, reducción, carbonatación e hidrólisis | Agua de lluvia, vapor de agua y dióxido de carbono |
| Biológica- Orgánica | Ácidos producidos por las plantas. Actividad de las bacterias | Acción de las raíces de las plantas, hongos, insectos, gusanos y bacterias. |

Las clasificaciones adoptadas por distintos autores: Pettijohn (1941), J. Pérez Mateos (1965), Pettijohn, (1973), Morton (1985), R. Rodríguez (2007) y otros, difieren fundamentalmente en las denominaciones para cada grupo de estabildades.

Para este trabajo adoptaremos como grados de estabilidad en general, los propuestos por J. Pérez Mateos que los divide en cuatro estadios: A-Estables, B-Moderadamente estables, C-Inestables y D-Estables como producto secundario.

De R. Rodríguez, utilizaremos dos clasificaciones, una relativa a la alteración química (Escasa, Baja, Alta y Muy alta) y la otra que hace referencia a su capacidad de migración (Baja, Media y Alta).

- Inclusiones:

Son de gran interés, ya que permiten obtener información respecto al transporte y procedencia de las partículas, aunque influyen negativamente en las técnicas de separación debido a la modificación que producen en el peso específico.

En las características generales se indican las más habituales. Posteriormente en las específicas las que se han detectado en los minerales de la zona de estudio.

- Susceptibilidad magnética:

En las propiedades de carácter general se exponen los valores considerados estándar para cada mineral.

Posteriormente y en las fichas que corresponden a cada afloramiento, los valores obtenidos para ese en concreto.

- Minerales asociados:

Son aquellos que suelen encontrarse de forma habitual y en cierta abundancia junto a un mineral. Las asociaciones en cada afloramiento se especifican en su ficha.

- Rocas de origen:

Se citan las de carácter general. Posteriormente en el apartado xxxxx se exponen las conclusiones obtenidas para cada afloramiento y para el conjunto de la zona de estudio.

Las propiedades, los datos y los gráficos de carácter general se han obtenido de:

- Análisis mineralógico de arenas .Josefina Perez Mateos (1965)
- Les mineraux en grains. A. Parfenoff et al. (1970)
- Heavy Minerals in Colour. M.A. Mange and Maurer, F.W. (1992)
- Electron Microprobe Analysis and Scanning Electron Microscopy in Geology. S.J.B. Redd (2005).
- Les minéraux des roches. Michel Demange (2009)
- Atlas d'associacions minerals en làmina prima. J.C. Melgarejo (1997)
- www.mindat.org, www.mineral data Publishing, www.granadanatural.com y
- www.unalmed.edu

4.1.2.- Anatasa (Octaedrita)

Grupo mineralógico: Óxidos e Hidróxidos

Fórmula química: TiO_2

Propiedades físicas y otras características generales de la especie:

| | |
|-------------------------------------|--|
| Densidad | 3,8 - 3,9 |
| Dureza | 5,5 - 6 |
| Cristalografía | Tetragonal |
| Formas | Mineral que siempre aparece cristalizado. Cristales bipiramidales muy agudos (a veces truncados) y ocasionalmente, en forma de cristales octaédricos, tabulares, cuadrático o rectangulares. |
| Fractura | Suboncoidea a desigual. |
| Color | Predominantemente negro azulado y en menor medida color miel, pardo, oscuro, incluso verde. |
| Diafanidad | Transparente a translúcida, a veces opaca. |
| Brillo | Submetálico a adamantino. |
| Grado de estabilidad | Estable |
| Resistencia a la alteración química | Muy alta |
| Capacidad de migración | Media |
| Susceptibilidad magnética | No atraíble en el separador Frantz (Diamagnética). |
| Minerales asociados | Brookita, rutilo, titanita, ilmenita, hematites, cuarzo. |
| Origen | Es un óxido de titanio de baja temperatura. Mineral accesorio muy común en rocas ígneas y metamórficas. Como mineral autigénico se encuentra en areniscas y conglomerados. |

Composición química

El anatasa responde raramente a su fórmula química TiO_2 . Puede contener Fe^{3+} , Fe^{2+} , Al, Cr, V, Nb, Ta y Sn en cantidades menores o en estado de trazas, que pueden sustituir ligeramente a los átomos de titanio. Esencialmente TiO_2 (Ti: 60%) y un porcentaje apreciable de Fe y Sn.

El anatasa forma una serie polimórfica con el rutilo y la brookita.

Composición química teórica: Peso molecular de la fórmula empírica dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos.

| Elemento | A% | | Ox% | | óxido |
|----------|--------|---|--------|---|---------|
| Titanio | 59,94 | H | 100,00 | % | TiO_2 |
| Oxígeno | 40,06 | O | | | |
| Totales | 100,00 | | 100,00 | % | |

Propiedades físicas y otras características específicas de las partículas separadas de los sedimentos de la zona de estudio.

| | |
|---------------------------|---|
| Formas | Cristales bipiramidales a veces truncados y ligeramente redondeados. También formas cuadráticas, tabulares y rectangulares. |
| Color | Amarillo anaranjado intenso a castaño oscuro. Incluso azules |
| Brillo | Adamantino algo resinoso. |
| Diafanidad | Translúcidas a opacas. |
| Inclusiones | No se aprecian |
| Susceptibilidad magnética | Diamagnéticas. Algunas partículas con impurezas son atraídas a 1,50 A. |
| Posibles áreas fuente | Vinculada al metamorfismo regional y también como accesorio en las rocas ígneas. |

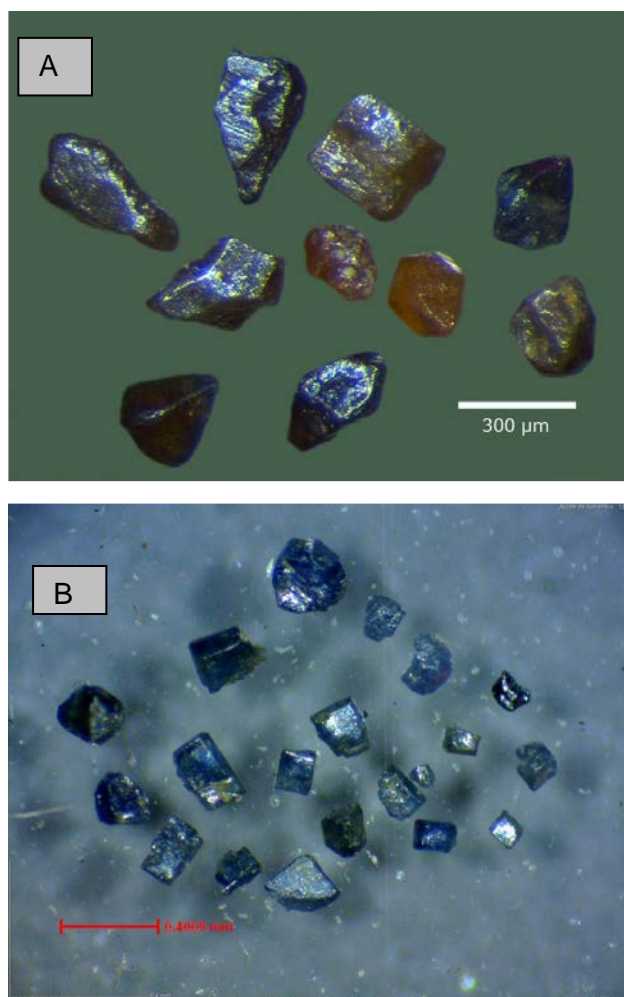
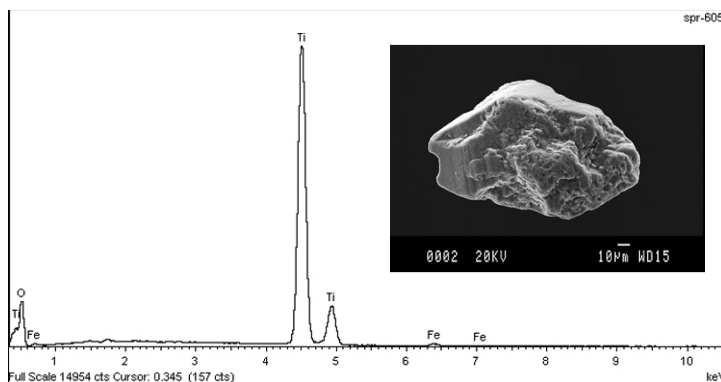


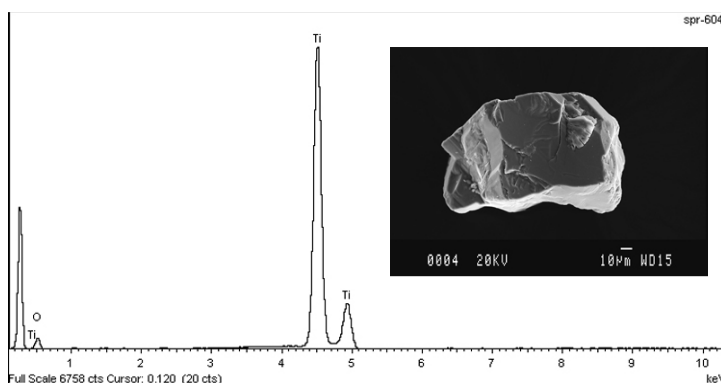
Figura. 2.1.- Partículas de anatasa: (A) Muestra SPR-626 (B) Muestra SPR-603

Formas, análisis semicuantitativos y espectros EDS más característicos de las partículas obtenidas en la zona de estudio

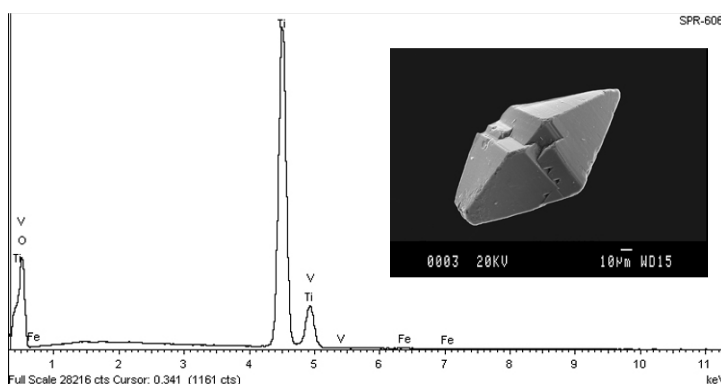
| Partícula SPR-605 (Diamag) | | | |
|----------------------------|--------|-------|-------|
| Elemento | Wh% | Wt% | A% |
| | | Sigma | |
| O K | 43,15 | 0,49 | 69,48 |
| Ti K | 56,15 | 0,48 | 30,20 |
| Fe K | 0,70 | 0,06 | 0,32 |
| Totals | 100,00 | | |



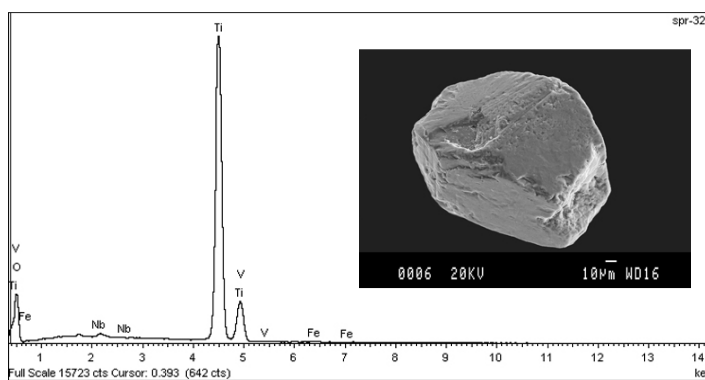
| Partícula SPR- 604 (Diamag) | | | |
|-----------------------------|--------|-------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% | A% |
| | | Sigma | |
| O K | 20,57 | 0,93 | 43,67 |
| Ti K | 79,43 | 0,93 | 56,33 |
| Totals | 100,00 | | |



| Partícula SPR-606 (Diamag) | | | |
|----------------------------|--------|-------|-------|
| Element | Wt% | Wt% | A% |
| | | Sigma | |
| O K | 53,05 | 0,36 | 77,20 |
| Ti K | 46,52 | 0,36 | 22,61 |
| V K | 0,30 | 0,06 | 0,14 |
| Fe K | 0,13 | 0,03 | 0,06 |
| Totals | 100,00 | | |



| Partícula SPR-328 (Diamag) | | | |
|----------------------------|--------|-------|-------|
| Element | Wt% | Wt% | A% |
| | | Sigma | |
| O K | 38,60 | 0,80 | 65,47 |
| Ti K | 59,91 | 0,79 | 33,94 |
| V K | 0,33 | 0,10 | 0,17 |
| Fe K | 0,36 | 0,06 | 0,18 |
| Nb L | 0,80 | 0,11 | 0,23 |
| Totals | 100,00 | | |



Entre paréntesis junto al código de partícula se informa del rango de susceptibilidad magnética en el que ha sido atraída.

4.1.3.- Andalucita

Clasificación: Nesosilicatos

Fórmula química teórica: $Al_2 (SiO_4) O$

Propiedades físicas y otras características generales de la especie:

| | |
|--|---|
| Densidad | 3,1-3,2 gr/cm ³ |
| Dureza | 6-8 |
| Sistema cristalino | Ortorrómico |
| Formas | Cristales prismáticos de base cuadrada, generalmente terminados por el pinacoide basal. |
| Fractura | Desigual o subconcoidea |
| Color | Incoloro. A veces con tonos amarillos, rosados o verdes. |
| Diafanidad | Transparente. Opaco en la variedad quistolita. |
| Brillo | Vítreo débil. |
| Inclusiones | Grafito y materia carbonosa en el interior del grano. |
| Resistencia a los agentes atmosféricos | Media |
| Resistencia a la alteración química | Alta |
| Estabilidad | Moderadamente estable. Alterable a moscovita y sericita. |
| Capacidad de migración | Media |
| Susceptibilidad magnética | Atraíble a 0,80-1,30A y Diamagnética. |
| Minerales asociados | Biotita, cordierita, cianita, sillimanita, rutilo, turmalina |
| Origen | Mineral típico del metamorfismo regional de baja presión y del metamorfismo de contacto, especialmente en las zonas donde el magma granítico entra en contacto con rocas arcillosas ricas en aluminio y pobres en calcio, potasio y sodio |

Composición química teórica: Peso molecular de la fórmula empírica dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos.

| Elementos | A% | | Ox% | óxidos |
|-----------|--------|----|--------|------------|
| Aluminio | 33,30 | Al | 62,92 | $Al_2 O_3$ |
| Silicio | 17,33 | Si | 37,08 | $Si O_2$ |
| Oxígeno | 49,37 | O | | |
| Totales | 100,00 | | 100,00 | |

Consideraciones sobre la composición química

La andalucita se compone casi exclusivamente de Al_2SiO_5 , siendo el hierro férrico y el manganeso los únicos iones que pueden estar presentes en cantidades apreciables, y en menor cantidad el titanio. El reemplazo de Al por Fe_2O_3 es generalmente pequeño siendo en la mayoría de andalucitas menor al 2%.

El Mn^{3+} , Fe^{3+} y Fe^{2+} pueden sustituir al Al en coordinación 6, mientras que el Mn y Fe lo pueden hacer en menores cantidades con coordinación 5.

En algunos análisis se detectan trazas de otros elementos como: Cr, Cu, Mg, Ca, Na y V siendo alguno de estos valores producto de posible contaminación por minerales adyacentes.

Análisis comparativo de diversas muestras de andalucita

| Componentes | Muestras | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| SiO ₂ | 37,08 | 36,74 | 55,21 | 55,33 | 56,98 | 54,92 | 54,00 | 55,22 |
| Fe ₂ O ₃ | - | 0,36 | 7,76 | 7,19 | 6,41 | 7,20 | 6,10 | 7,96 |
| FeO | - | 0,05 | - | - | - | - | - | - |
| MgO | - | 0,03 | 2,14 | 2,36 | 2,19 | 2,26 | 2,00 | 2,19 |
| K ₂ O | - | 0,07 | 3,44 | 3,21 | 3,76 | 2,83 | 5,00 | 3,29 |
| Al ₂ O ₃ | 62,92 | 62,70 | 22,85 | 24,27 | 21,22 | 25,38 | 24,00 | 23,09 |
| TiO ₂ | - | 0,01 | 0,83 | 0,83 | 0,73 | 0,76 | 0,80 | 0,79 |
| CaO | - | - | 2,66 | 2,44 | 2,67 | 2,57 | 2,50 | 2,53 |
| Na ₂ O | - | - | 3,07 | 3,25 | 3,19 | 2,72 | 3,00 | 3,20 |
| CuO | - | 0,02 | - | - | - | - | - | - |
| H ₂ O ⁻ | - | 0,01 | - | - | - | - | - | - |
| H ₂ O ⁺ | - | 0,15 | - | - | - | - | - | - |
| Perdidas | - | - | 2,34 | 2,07 | 3,50 | 2,02 | 4,20 | 2,05 |
| Total | 100,00 | 100,14 | 100,30 | 100,95 | 100,65 | 100,66 | 101,60 | 100,32 |

(1) Análisis teórico correspondiente a la fórmula Al_2SiO_5 . (2) Material procedente de Goat Mountain, Shoshone Co., Idaho, USA. (3 a 8) Material procedente de Illescas, Perú.

Fuente de la información: (1-2) Mineral Data Publishing - (3 a 8) L.F. Verdeia et al (1991).

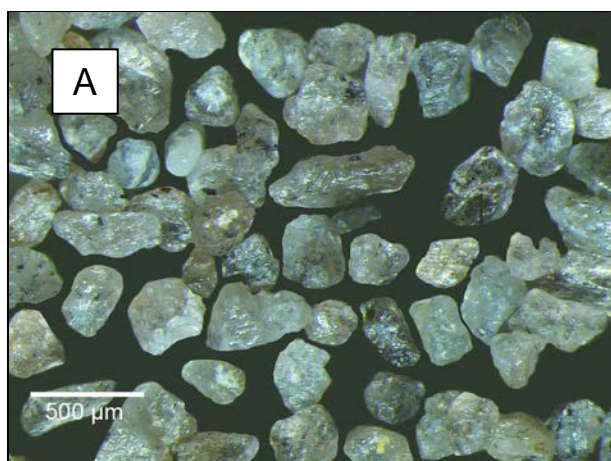
Propiedades físicas y otras características específicas de las partículas separadas de los sedimentos de la zona de estudio.

| | |
|---------------------------|--|
| Formas | Granos en general angulosos e irregulares, con bordes en parte redondeados y hábitos ligeramente prismáticos.. |
| Color | Incoloros, amarillentos o débilmente rosados, apareciendo frecuentemente el color desigualmente distribuido. En la zona de estudio se han obtenido básicamente dos tipos diferentes de andalucita que se describen en el apartado siguiente. |
| Brillo | Vítreo débil |
| Diafanidad | Transparentes a translúcidas. Con inclusiones de materia carbonosa. |
| Susceptibilidad magnética | Diamagnética. Algunas partículas con posibles inclusiones algo ferruginosas son atraídas en el separador Frantz alrededor de 0,80A. |
| Posibles áreas fuente | Zonas de contacto de las intrusiones graníticas con los materiales paleozoicos. |

Descripción de los tipos de andalucita identificados

Inicialmente y desde el punto de vista exclusivamente morfológico hemos diferenciado dos tipos de andalucita diferentes:

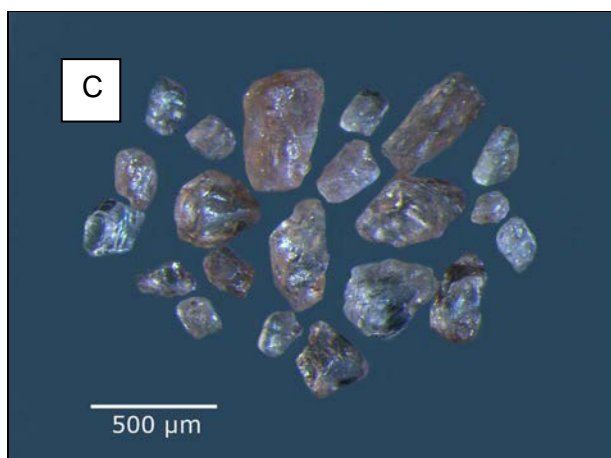
- **Andalucita Tipo 1:** Partículas incoloras o muy ligeramente amarillentas, transparentes a translúcidas, con inclusiones carbonosas oscuras que pueden ser abundantes. Figs. (A)-(B)-(D).
- **Andalucita Tipo 2:** Partículas de tonos rosados, transparentes a translúcidas, que pueden presentar alguna inclusión oscura en menor proporción que las Tipo 1. Fig. C



Andalucitas incoloras con inclusiones carbonosas



Andalucitas ligeramente amarillentas con abundantes inclusiones carbonosas.



Andalucitas de tono rosado. Alguna presenta inclusiones carbonosas.



Andalucitas en varios tonos de color. Algunas con inclusiones carbonosas.

Se ha procedido al análisis por SEM/EDS y DRX de partículas de ambos tipos

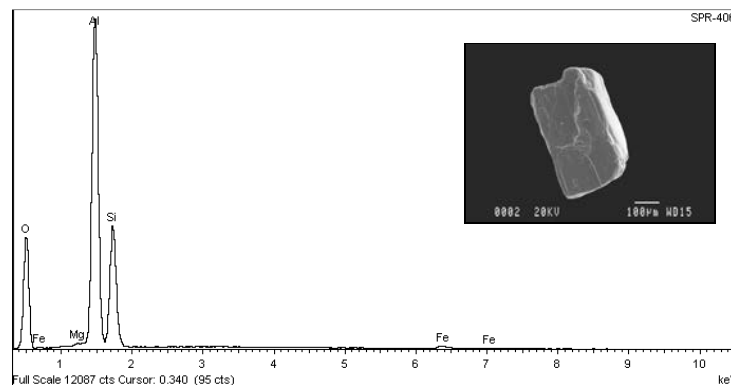
De las partículas de **Tipo 1**, hemos procesado por EDS dos partículas representativas, una con pocas inclusiones oscuras (007AP-23) y otra con inclusiones abundantes (SPR-406). Para DRX un conjunto de partículas de las mismas características que corresponden a distintos afloramientos.

De las partículas de **Tipo 2** hemos procesado por EDS solo una partícula (SPR-419), dado que poseen muy pocas inclusiones. Para DRX un conjunto de partículas de las mismas características que corresponden a distintos afloramientos.

Resultados obtenidos por EDS

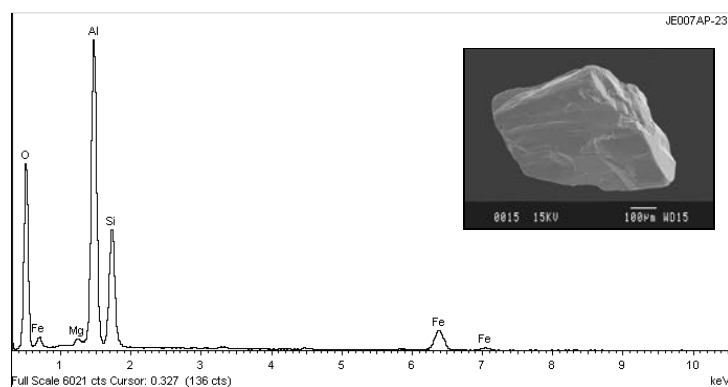
Andalucita Tipo 1 (Abundantes inclusiones oscuras)

| Partícula SPR-406 (1,30 A) | | | |
|----------------------------|--------|---------------|-------|
| Elemento | Wt % | Wt % Sigma | A% |
| O K | 47,44 | 0,26 | 60,91 |
| Mg K | 0,29 | 0,05 | 0,24 |
| Al K | 32,62 | 0,19 | 24,84 |
| Si K | 18,66 | 0,16 | 13,65 |
| Fe K | 1,00 | 0,08 | 0,37 |
| Totales | 100,00 | | |



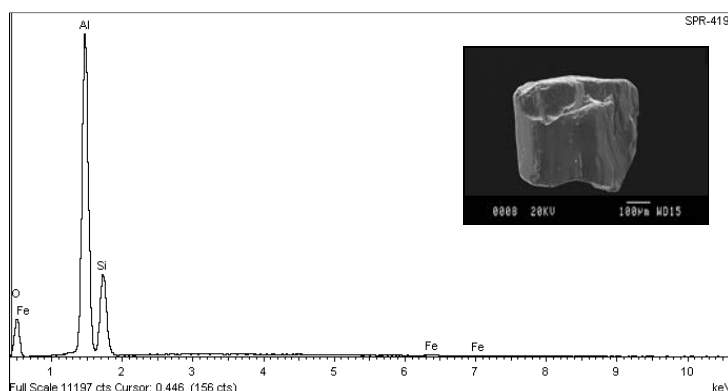
Andalucita Tipo 1 (pocas inclusiones)

| Partícula 007AP-23 (0,80 A) | | | |
|-----------------------------|--------|---------------|-------|
| Elementos | Wt % | Wt % Sigma | A% |
| O K | 51,81 | 0,34 | 66,29 |
| Mg K | 0,57 | 0,07 | 0,48 |
| Al K | 27,56 | 0,24 | 20,91 |
| Si K | 13,72 | 0,19 | 10,00 |
| Fe K | 6,35 | 0,16 | 2,33 |
| Totales | 100,00 | | |



Andalucita Tipo 2 (pocas inclusiones)

| Partícula SPR-419 (Diamagnética) | | | |
|----------------------------------|--------|---------------|-------|
| Elementos | W t% | W t% Sigma | A% |
| O K | 33,53 | 0,37 | 46,36 |
| Al K | 45,40 | 0,30 | 37,22 |
| Si K | 20,62 | 0,23 | 16,24 |
| Fe K | 0,45 | 0,12 | 0,18 |
| Totales | 100,00 | | |



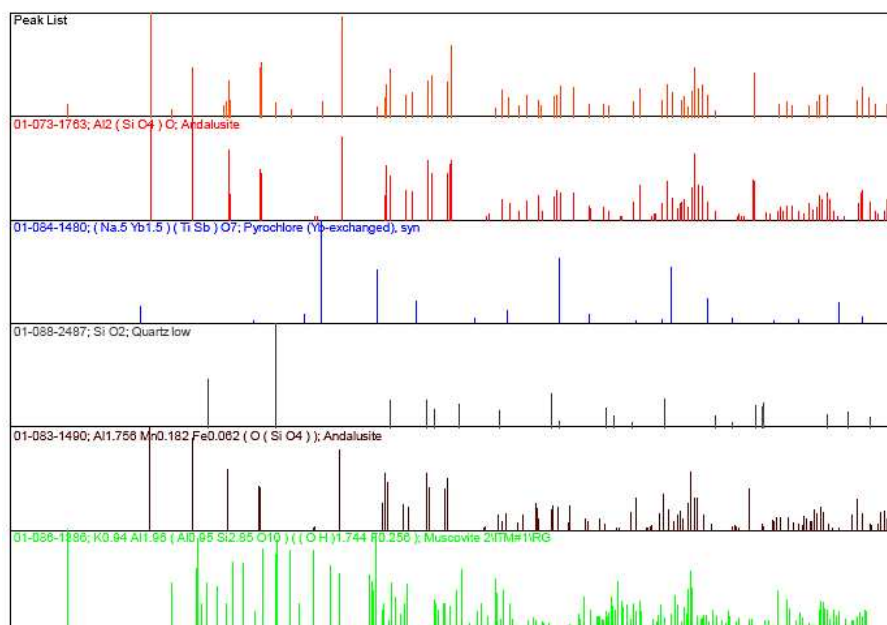
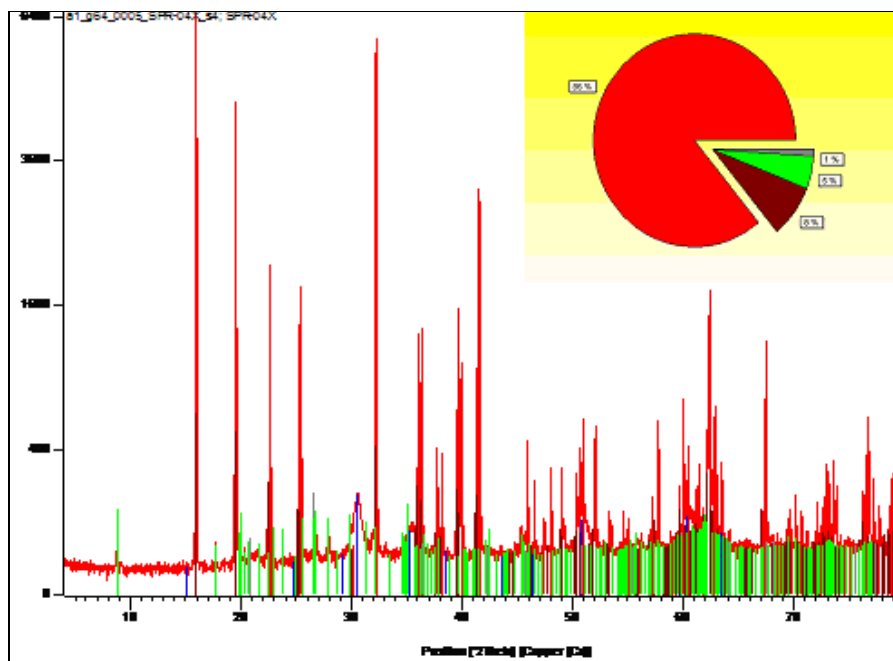
Conclusiones

La mayor o menor proporción de inclusiones carbonosas en las partículas no parece afectar a la composición química. Si que es posible que algunas de ellas que posean un cierto carácter ferruginoso hayan influido en el rango de separación electromagnética.

Resultados obtenidos por DRX

Andalucita Tipo 1

Minerales identificados: Andalucita 86%, Andalucita (Mn-Fe) 8%, Moscovita 5% y Pirocloro 1%



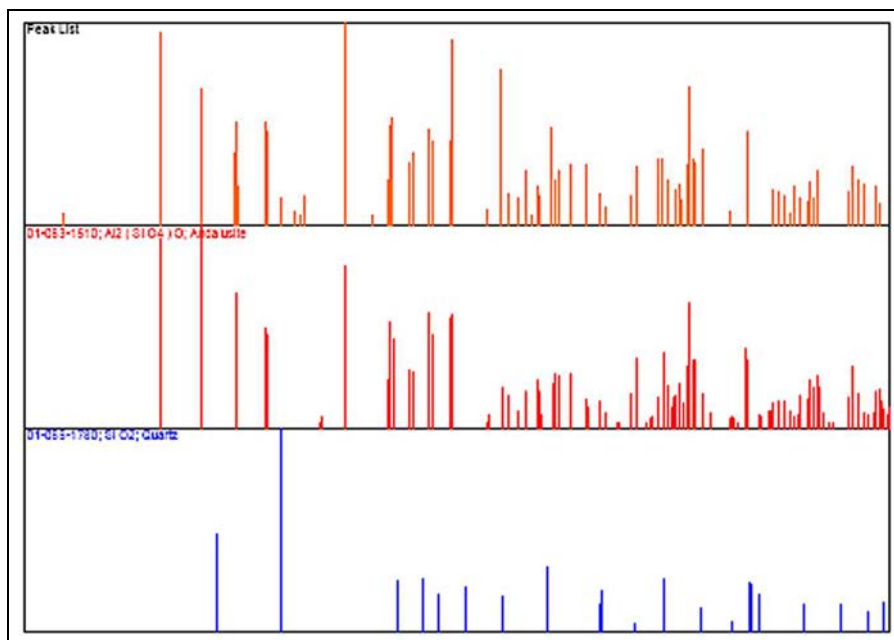
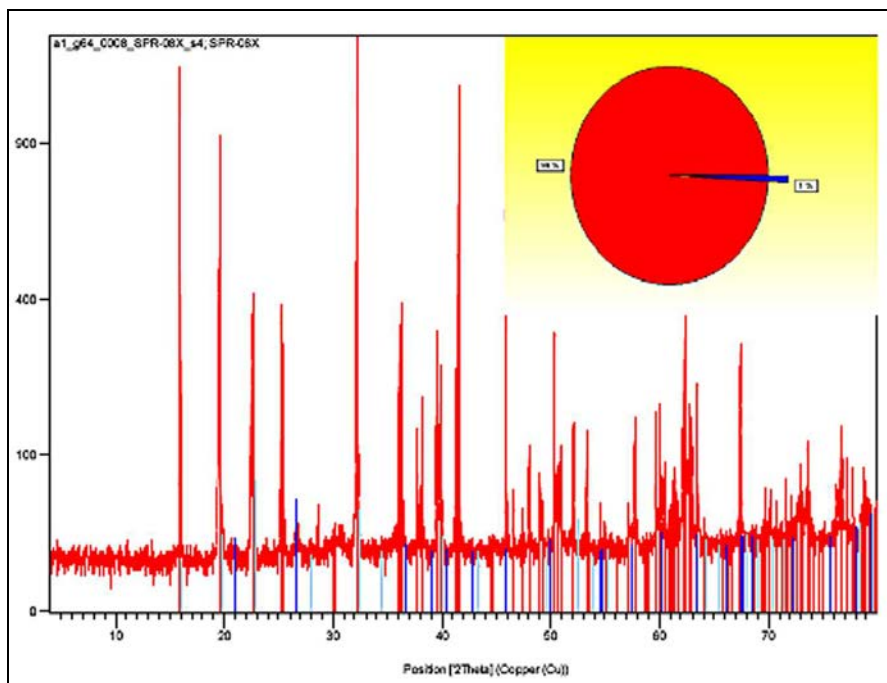
Los resultados de la difracción nos indican que en la muestra de Andalucita Tipo I, coexisten dos tipos de partículas con un quimismo ligeramente diferente.

La presencia de moscovita es debida a los procesos de alteración de las andalucitas.

El pirocloro, con un rango de susceptibilidad magnética similar a la andalucita (entre 0,8A y diamagnético) puede formar parte de las inclusiones de las mismas.

Andalucita Tipo 2

Minerales identificados: Andalucita 99% y Cuarzo 1%.

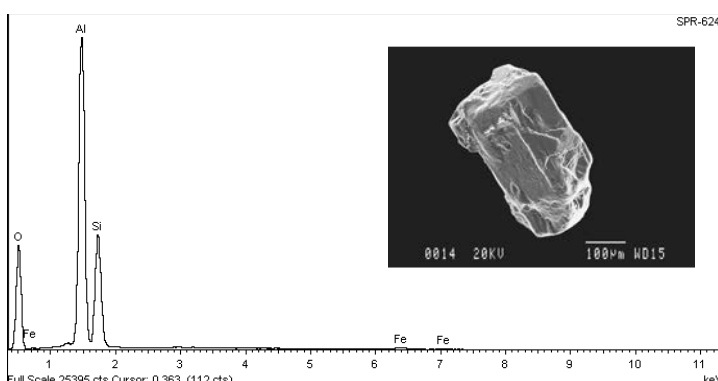


Los resultados de la difracción nos indican que en la muestra de Andalucita Tipo 2 la composición química corresponde a la fórmula teórica elemental, sin que destaquen otros elementos.

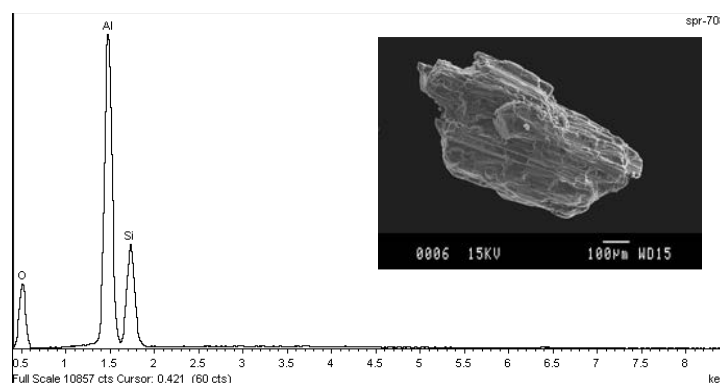
El cuarzo es un mineral accesorio que puede estar adherido a alguna partícula o incluido en el grupo por un error en la selección.

Formas (SEM), análisis semicuantitativos y espectros EDS más característicos de las partículas de andalucita obtenidas en la zona de estudio

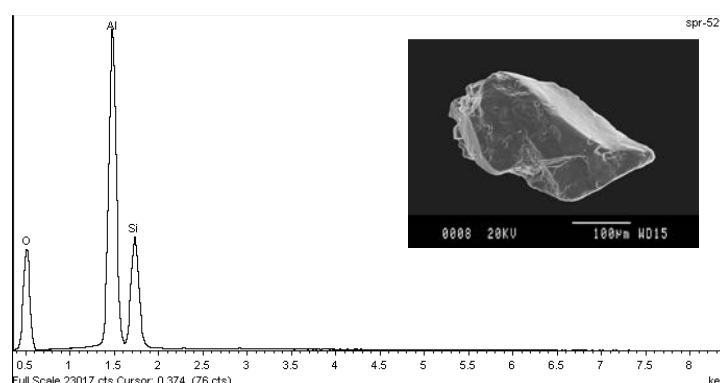
| Partícula SPR-624 (1,00 A) | | | |
|----------------------------|--------|---------------|-------|
| Elementos | W t% | W t% Sigma | A% |
| O K | 47,23 | 0,18 | 60,72 |
| Al K | 32,95 | 0,14 | 25,11 |
| Si K | 18,86 | 0,12 | 13,81 |
| Fe K | 0,96 | 0,06 | 0,35 |
| Totales | 100,00 | | |



| Partícula SPR- 708 (Diamagnética) | | | |
|-----------------------------------|--------|---------------|-------|
| Elementos | W t% | W t% Sigma | A% |
| O K | 40,78 | 0,32 | 54,09 |
| Al K | 37,78 | 0,24 | 29,71 |
| Si K | 21,44 | 0,21 | 16,20 |
| Totals | 100,00 | | |



| Partícula SPR-521 (Diamagnética) | | | |
|----------------------------------|--------|---------------|-------|
| Elementos | W t% | Wt % Sigma | A% |
| O K | 47,66 | 0,19 | 60,91 |
| Al K | 33,31 | 0,14 | 25,24 |
| Si K | 19,02 | 0,12 | 13,85 |
| Totals | 100,00 | | |



Entre paréntesis y junto al código de partícula, se informa del rango de susceptibilidad magnética en el que han sido atraídas.

En el margen superior derecho de los espectros EDS se muestra la imagen SEM de la partícula analizada.

Conclusiones a nivel de zona de estudio.

Las partículas Tipo 1 las situaríamos en las zonas de contacto de los granitos con los materiales paleozoicos, Las de Tipo 2 en los materiales paleozoicos en contacto con filones de cuarzo.

4.1.4.- Apatito

Grupo mineralógico: Fosfatos-Arseniatos-Vanadatos

Composición química

El apatito tiene una fórmula química general: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$, pudiendo dar lugar a altos grados de sustitución iónica, por este motivo tras la fórmula química se expresa entre paréntesis ($\text{OH}^- \text{F}^- \text{Cl}^-$). Se diferencian tres tipos o extremos puros:

Hidroxilapatitos: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ **Fluorapatitos:** $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ **Cloroapatitos:** $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$

El flúor, cloro e hidroxilo pueden sustituirse entre si dando una serie completa.

Con iones como el carbono se forma carbonato apatito pudiendo sustituir tanto a OH^- como $(\text{PO}_4)^{3-}$.

En menor medida puede sustituirse el $(\text{PO}_4)^{3-}$ por $(\text{SO}_4)^{2-}$ o (SiO_4) . En cuanto al catión no necesariamente debe ser Ca, pudiendo entrar sodio y REE, aunque lo más común es tener cationes divalentes como Sr y Mn.

Composición química teórica de las variedades hidroxilapatito, fluorapatito y cloroapatito:

Peso molecular de la fórmula empírica, dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos

HIDROXILAPATITO

| | A% | | | Ox% | | | |
|-----------|--------|---|----|--------|---|-------------------------------|--|
| Calcio | 39,89 | % | Ca | 55,82 | % | CaO | |
| Fósforo | 18,50 | % | P | 42,39 | % | P ₂ O ₅ | |
| Oxígeno | 41,41 | % | O | | % | | |
| Hidrógeno | 0,20 | % | H | 1,79 | % | H ₂ O | |
| Totales | 100,00 | % | | 100,00 | % | | |

FLUORAPATITO

| | A% | | | Ox% | | | |
|---------|--------|---|----|--------|---|-------------------------------|-------------------|
| Calcio | 39,74 | % | Ca | 55,60 | % | CaO | |
| Fósforo | 18,43 | % | P | 42,22 | % | P ₂ O ₅ | |
| Oxígeno | 38,07 | % | O | | % | | |
| Flúor | 3,77 | % | F | 3,77 | % | F | |
| - | - | % | F | -1,59 | % | F | -O=F ₂ |
| Totales | 100,00 | % | | 100,00 | % | | |

CLOROAPATITO

| | A% | | | Ox% | | | |
|---------|--------|---|----|--------|---|-------------------------------|--------------------|
| Calcio | 38,48 | % | Ca | 53,84 | % | CaO | |
| Fósforo | 17,84 | % | P | 40,89 | % | P ₂ O ₅ | |
| Oxígeno | 36,87 | % | O | | % | | |
| Cloro | 6,81 | % | Cl | 6,81 | % | Cl | |
| - | - | % | Cl | -1,54 | % | Cl | -O=Cl ₂ |
| Totales | 100,00 | % | | 100,00 | % | | |

Análisis correspondientes a localidades tipo

| | 1- Hidroxilapatito | | | 2- Fluorapatito | | | 3- Cloroapatito | | |
|------------------------|--------------------|---|---------------------------------|-----------------|---|---------------------------------|-----------------|---|---------------------------------|
| | Ox% | | | Ox% | | | Ox% | | |
| Fósforo | 42,05 | % | P ₂ O ₅ | 42,01 | % | P ₂ O ₅ | 41,20 | % | P ₂ O ₅ |
| Magnesio | 0,10 | % | MgO | | % | MgO | | % | MgO |
| Manganeso | 0,07 | % | MnO | | % | MnO | | % | MnO |
| Calcio | 55,84 | % | CaO | 55,52 | % | CaO | 53,40 | % | CaO |
| REE | | % | REE ₂ O ₃ | 0,28 | | REE ₂ O ₃ | | | REE ₂ O ₃ |
| Flúor | 0,16 | % | F | 3,89 | % | F | 0,13 | % | F |
| Cloro | trazas | | Cl | | % | Cl | 6,20 | % | Cl |
| Hidrógeno | 1,86 | % | H ₂ O | | % | H ₂ O | 0,09 | % | H ₂ O |
| -O=(F,Cl) ₂ | -0,07 | % | | -1,63 | % | | -1,45 | % | |
| Totales | 100,01 | % | | 100,07 | % | | 99,57 | % | |

1- **Hidroxilapatito**: Holly Springs, Georgia (USA); 2- **Fluorapatito**: Gloserheia, Froland (Noruega);
3- **Cloroapatito**: Bob's Lake (Canadá) - Fuente de información: Mineral Data Publishing.

Propiedades físicas y características generales:

| Propiedades y características | Hidroxilapatito | Fluorapatito | Cloroapatito |
|-------------------------------------|---|--|---|
| Densidad | 3,14 - 3,21 | 3,10 - 3,25 | 3,17 - 3,18 |
| Dureza | = 5 | = 5 | ≈ 5 |
| Cristalografía | Hexagonal | Hexagonal | Hexagonal |
| Fractura | Desigual a concoidea. | Desigual a concoidea. | Desigual a concoidea. |
| Tenacidad | Frágil | | |
| Color | Incoloro, blanco, amarillento, verde claro, marrón, negro | Incoloro, blanco, amarillo, rosado, verde claro. | Amarillo verdoso, rosado, gris verdoso claro. |
| Diafanidad | Transparente a translúcido | | |
| Brillo | Vítreo | | |
| Grado de estabilidad | Moderadamente estables | | |
| Resistencia a la alteración química | Baja | | |
| Capacidad de migración | Media | | |
| Susceptibilidad magnética | Ligeramente atraíbles en el separador Frantz a partir de (0,80 -1,30A) Mayoritariamente diamagnéticos. | | |

Separación e identificación de las partículas de apatito que forman parte de los minerales pesados de la zona de estudio.

Teniendo en cuenta que las partículas de apatito desde el punto de vista electromagnético son atraídas por el separador Frantz a partir de 0,80A, y se concentran mayoritariamente en la fracción diamagnética. Se inicia, dentro de ese entorno y con la ayuda de un estereomicroscopio, una separación manual de aquellas que por su morfología externa reconocemos que pueden ser apatito, para posteriormente identificarlas y describirlas por medio de SEM/EDS.

Se han diferenciado dos tipos de partículas de apatito:

- **Partículas de Tipo A:** Fácilmente reconocibles. Corresponden generalmente a monocristales con hábito cristalino prismático, combinando las formas de prisma hexagonal y bipirámide. Pueden ser frecuentes las caras curvas y los cristales redondeados. De transparentes a translúcidas. Incoloras a ligeramente amarillentas. También blanquecinas (*Figuras: 1-2-3-4*).
- **Partículas de Tipo B:** Se concentran en la fracción electromagnética superior a 1,30A y en la diamagnética. De formas redondeadas a angulosas. Color negro y gris mayoritario. Algunas de colores beige claro, marrones e incluso blancas. No presentan formas características que faciliten su identificación. Ha sido con posterioridad a los procesos analíticos cuando se han clasificado como apatito (*Figuras: 5-6-7-8-9-10*)

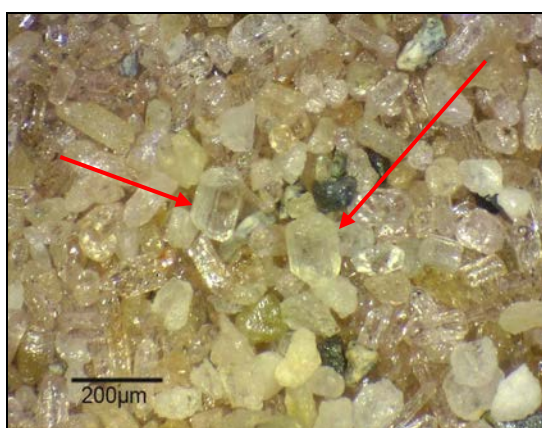


Fig. 1: Imagen de la fracción diamagnética donde se observan entre otros los cristales de apatito Tipo A.



Fig.2: Cristales euhédricos de apatito Tipo A, algunos biterminados. separados de la fracción diamagnética



Fig.3: Imagen de la fracción de 1,30A, donde se observan abundantes cristales de apatito Tipo A.



Fig.4: Cristales subhédricos de apatito Tipo A. Bastante rodados. Posiblemente de segundo ciclo.



Fig.5: Imagen de la fracción diamagnética donde se observan partículas de apatito Tipo B.



Fig.6: Partículas negras con formas subredondeadas a redondeadas características de apatito Tipo B.



Fig.7: Imagen de la fracción diamagnética donde se observan partículas de apatito Tipo B.

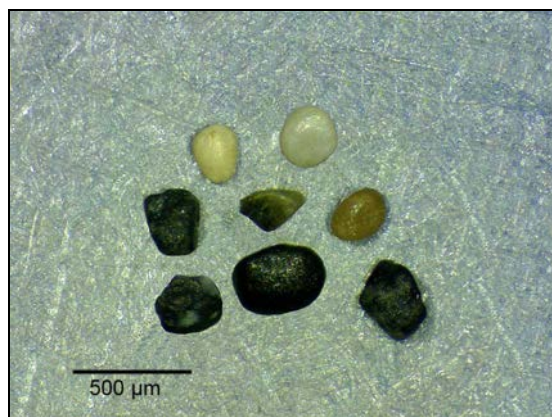


Fig.8: Partículas negras, marrones, amarillentas e incluso blancas correspondientes a apatito Tipo B.



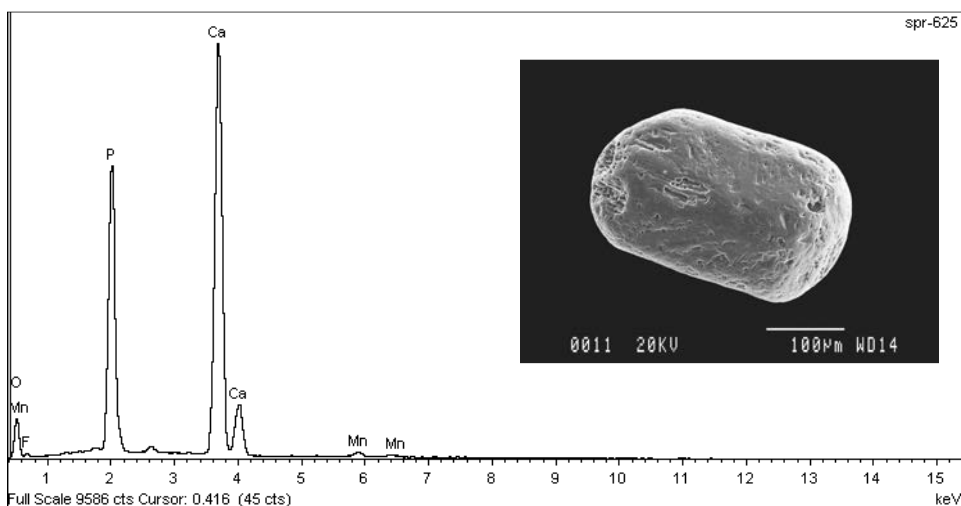
Fig.9: Partículas grises e incluso blancas de apatito Tipo B, mayoritariamente angulosas por su proximidad al área fuente.



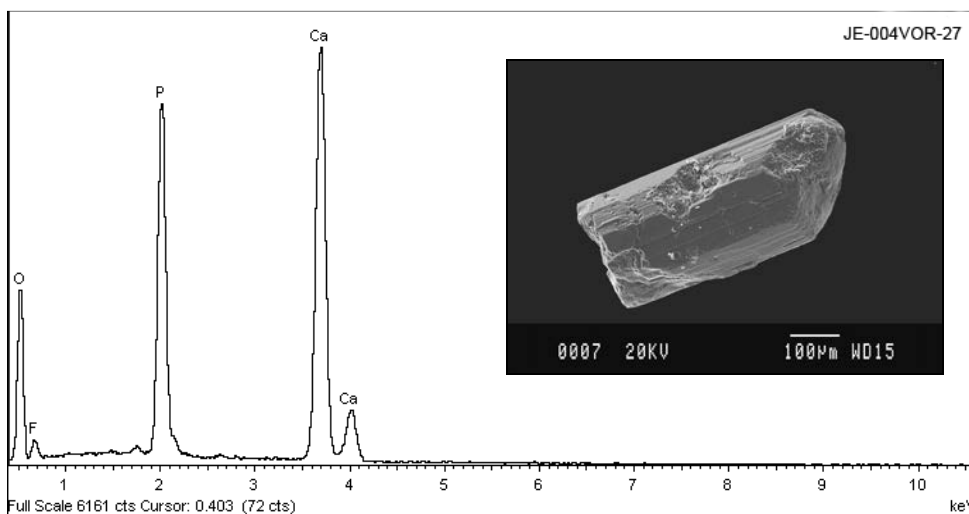
Fig.10: Partícula color pardo de apatito Tipo B. Muy similar a las que proceden del Buntsandstein inferior como se comenta más adelante..

Análisis identificativos iniciales (SEM/EDS)

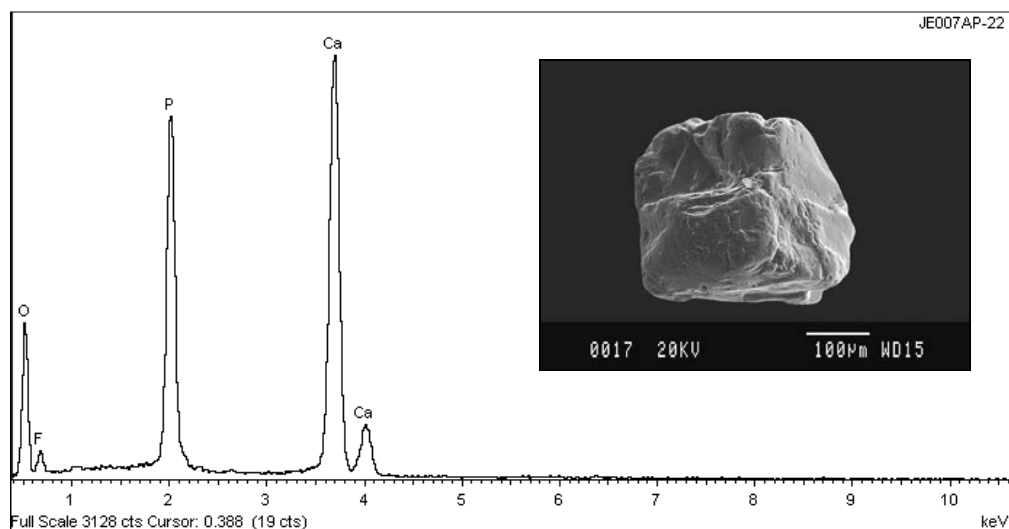
| Elementos | Partículas de apatito Tipo A | | | | |
|-------------------|------------------------------|----------|---------|---------|---------|
| | SPR-625 | 04VOR-27 | 07AP-22 | SPR-706 | SPR-520 |
| Composición en A% | | | | | |
| O K | 50,18 | 67,33 | 65,00 | 46,32 | 54,62 |
| F K | 3,68 | 9,47 | 10,36 | 2,75 | 4,63 |
| Na K | | | | | 0,84 |
| P K | 17,62 | 10,27 | 10,91 | 17,87 | 14,37 |
| Mg K | | | | | 0,54 |
| Cl K | | | | 0,35 | |
| S K | | | | | 0,73 |
| Ca K | 28,01 | 12,93 | 13,73 | 32,71 | 24,27 |
| Mn K | 0,52 | | | | |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |



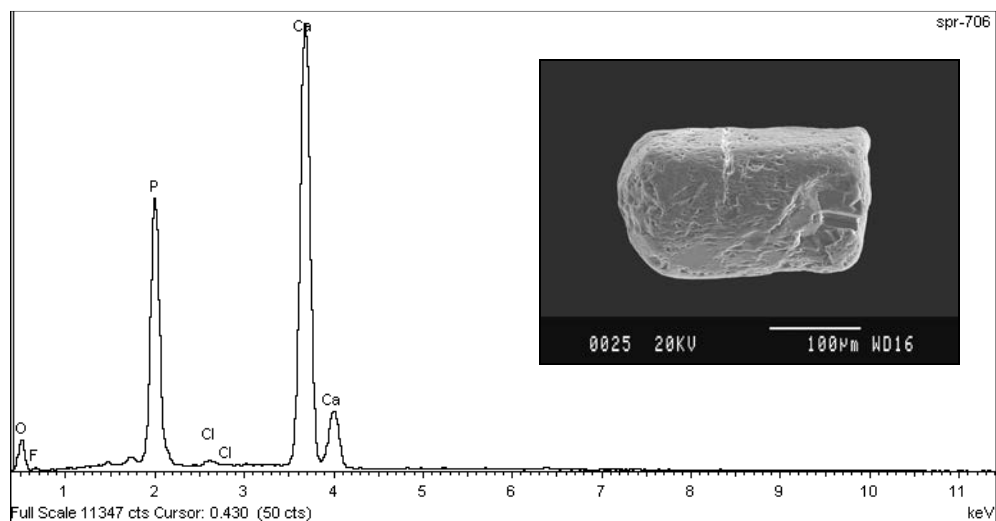
Espectro correspondiente a un apatito Tipo A. Solo destacable la ligera presencia de Mn. Cristal subhédrico prismático redondeado



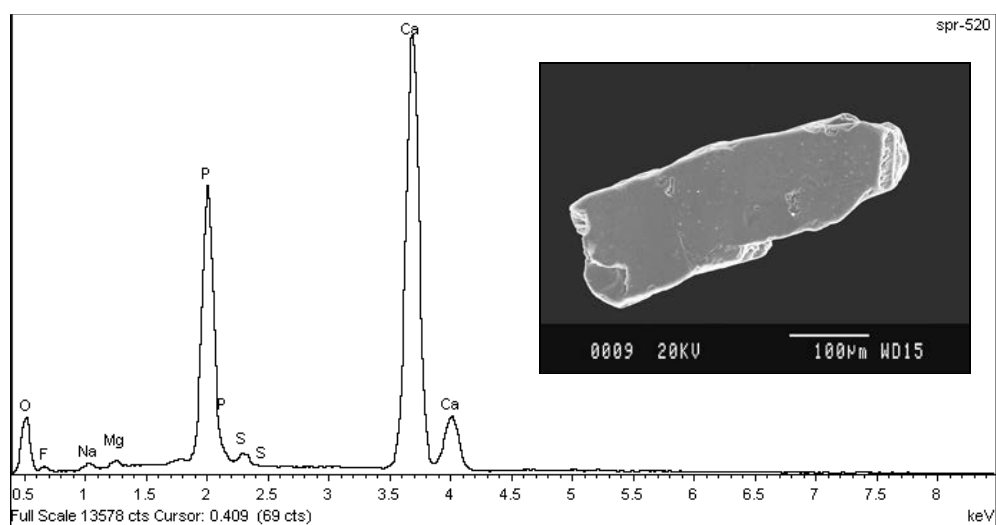
Espectro correspondiente a un apatito de Tipo A. Cristal euhédrico prismático terminado en la parte superior y con aristas bien conservadas.



Espectro correspondiente a un apatito de Tipo A. Partícula xenomorfa con bordes subangulosos.

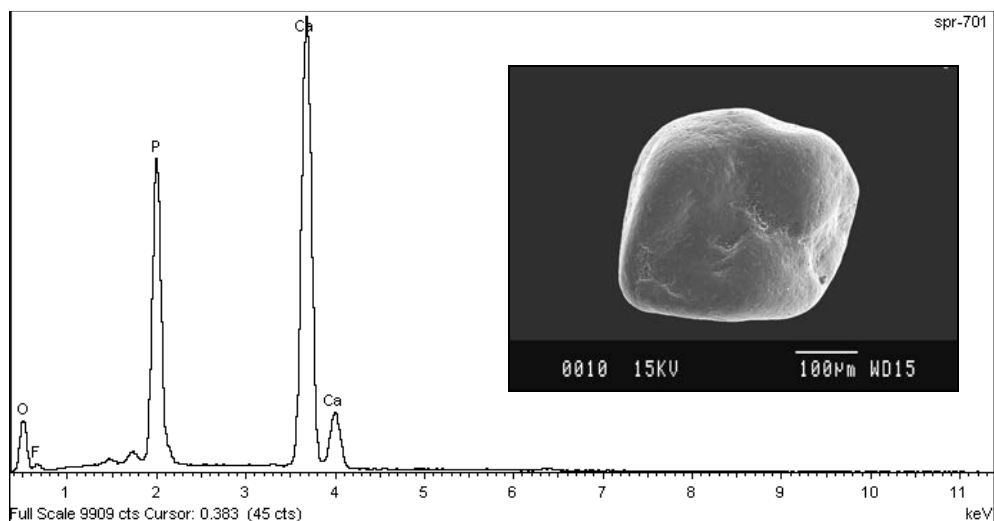


Espectro correspondiente a un apatito Tipo A. Solo destacable la ligera presencia de Cl. Cristal subhédrico prismático subredondeado.

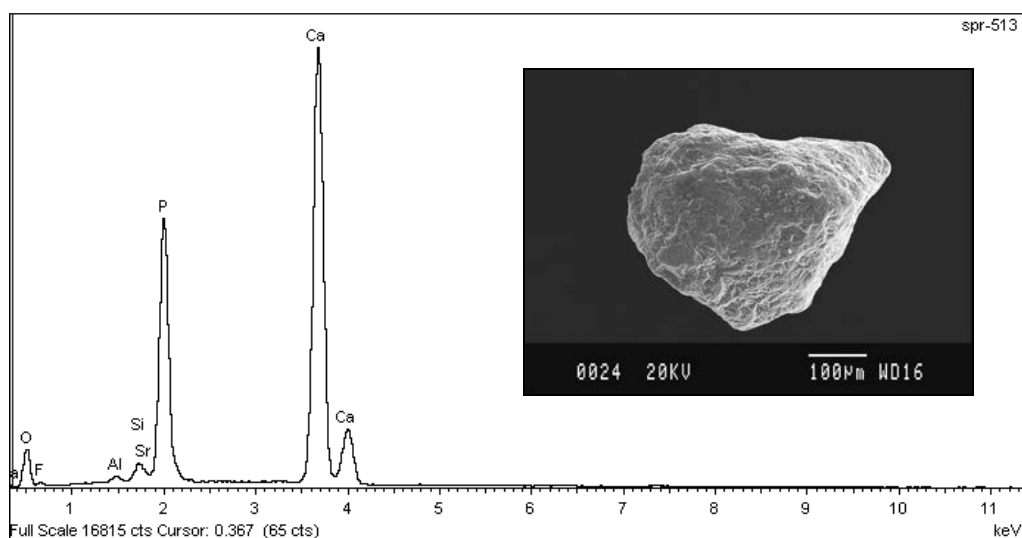


Espectro correspondiente a un apatito Tipo A. Solo destacable la ligera presencia de Na, Mg, y S. Partícula subhédrica prismática aplanada con bordes subangulosos..

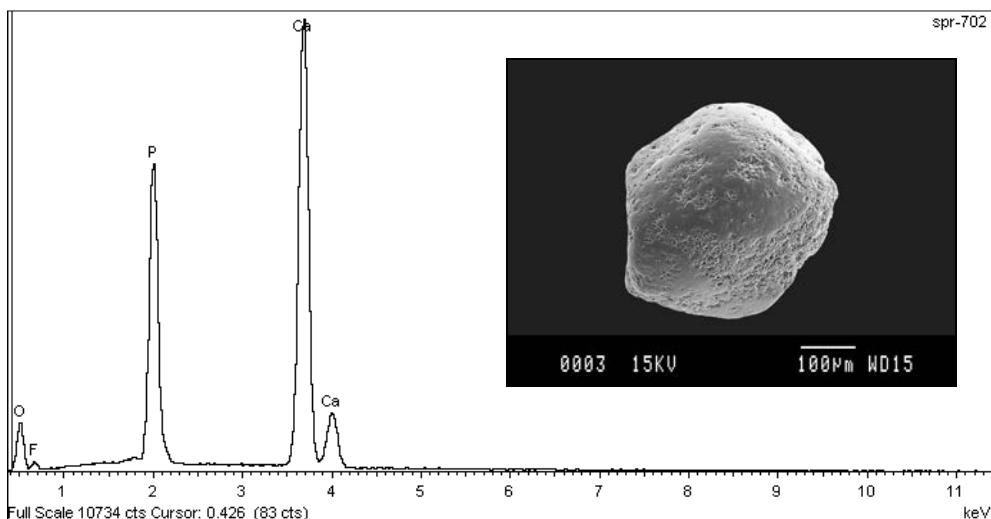
| Elementos | Partículas de apatito Tipo B | | | | |
|-----------|------------------------------|---------|---------|---------|----------|
| | SPR-701 | SPR-513 | SPR-702 | SPR-703 | 007AP-27 |
| | Composición en A% | | | | |
| O K | 53,13 | 48,09 | 51,61 | 45,22 | 64,58 |
| F K | 5,26 | 3,46 | 6,28 | 4,60 | 9,71 |
| Al K | | 0,38 | | | 0,93 |
| P K | 15,95 | 16,95 | 16,16 | 17,71 | 10,35 |
| Mg K | | | | | |
| Cl K | | | | | |
| Si K | | 1,16 | | | 1,11 |
| Ca K | 25,66 | 29,42 | 25,95 | 32,47 | 13,32 |
| Sr L | | 0,54 | | | |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |



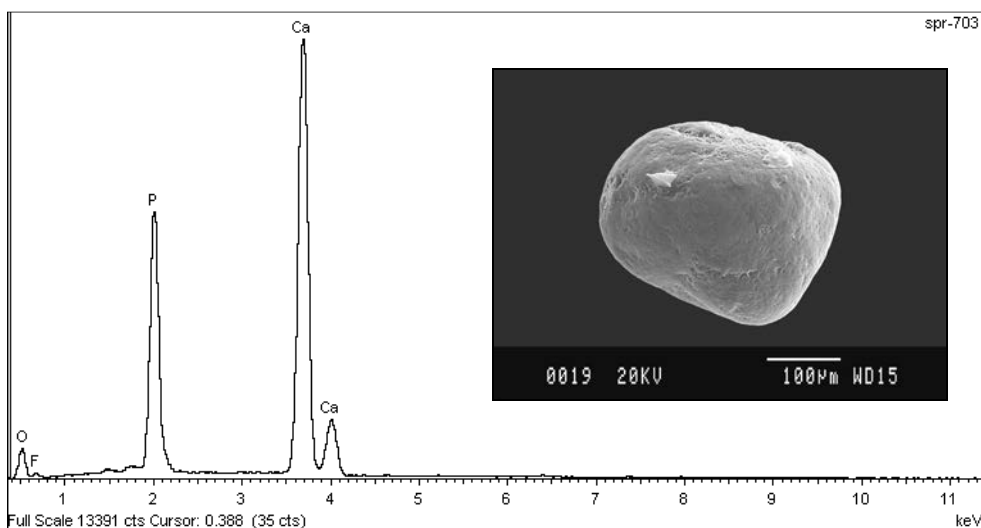
Espectro correspondiente a un apatito de Tipo B.
Partícula xenomorfa muy redondeada



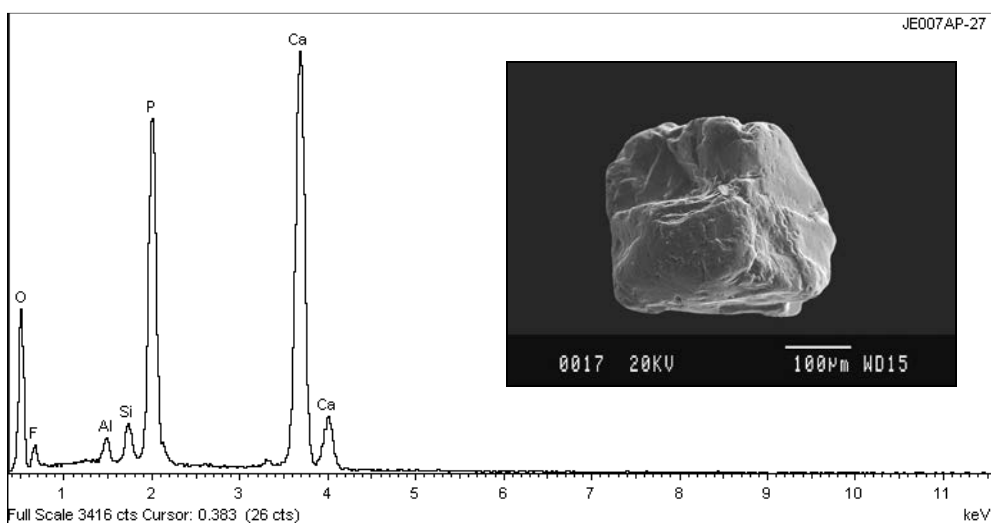
Espectro correspondiente a un apatito de Tipo B. Destacable la presencia de Sr y Al.
Partícula xenomorfa subangulosa.



Espectro correspondiente a un apatito de Tipo B.
Partícula xenomorfa subredondeada.



Espectro correspondiente a un apatito de Tipo B.
Partícula xenomorfa muy redondeada



Espectro correspondiente a un apatito de Tipo B.
Partícula xenomorfa subangulosa.

Resultados

A la vista de estos primeros análisis efectuados por EDS sobre “stubs” carbonizados, donde no hemos considerado el ión carbono en composición, estos dos tipos de partículas se han clasificado inicialmente como fluorapatitos.

En la *Tabla 1*, se relacionan los resultados de los análisis efectuados sobre partículas de ambos tipos correspondientes a diferentes afloramientos.

Antes de llevar a cabo otros análisis, y para obtener una información de más precisión, se seleccionan dos muestras (AP-05 y AP-06) de un afloramiento (JE-012-AP-Sector 07- Alt Penedès), con una composición de minerales pesados bien conocida, que podemos considerar representativa, para procesarlas por DRX (*Difractogramas: 1-2-3-4*).

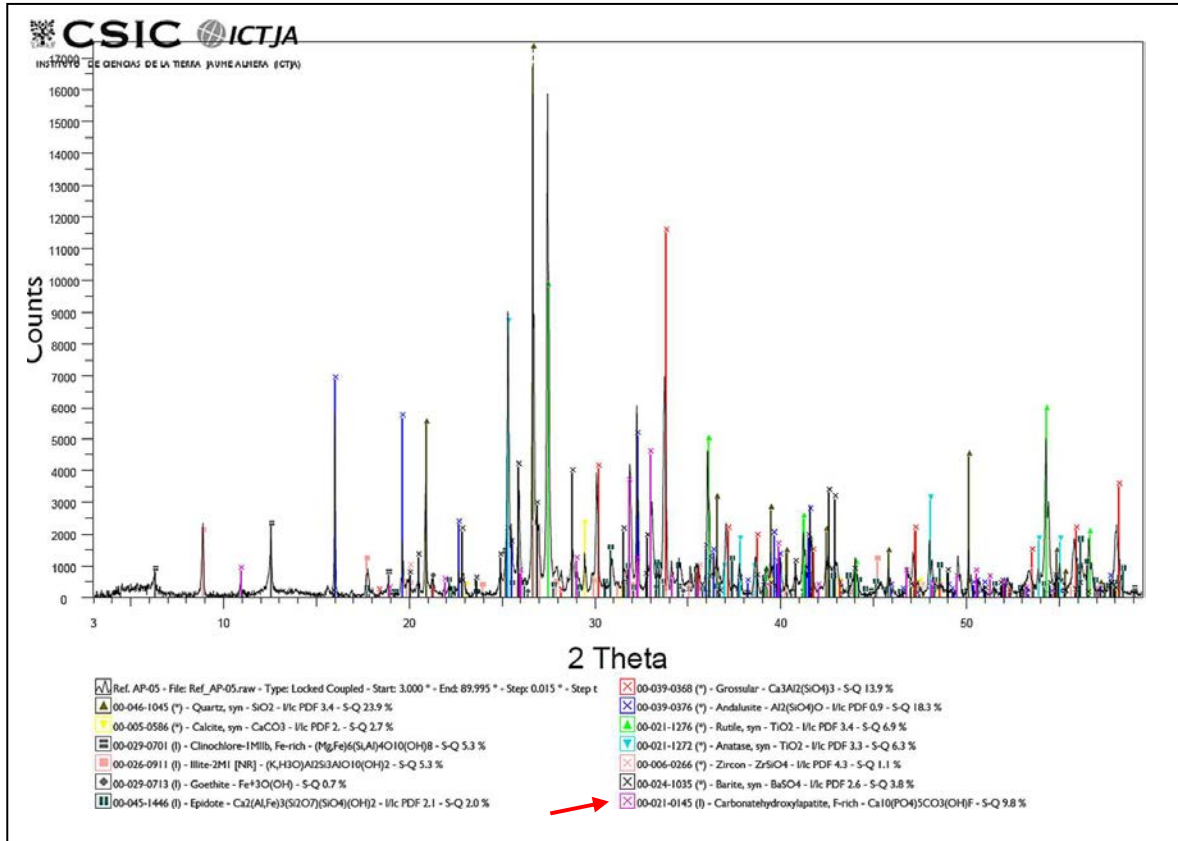
- Muestra AP-05: Consta de 0,57gr de partículas que corresponden al peso total de sus fracciones electromagnéticas de 0,80 y 1,30 amperios.
- Muestra AP-06: Consta de 0,79gr de partículas que corresponden al peso total de la fracción diamagnética.

Se quiere averiguar, aún teniendo en cuenta que en la composición de la muestra hay un conjunto de otros minerales, que tipos de apatito se identifican y en que proporción.

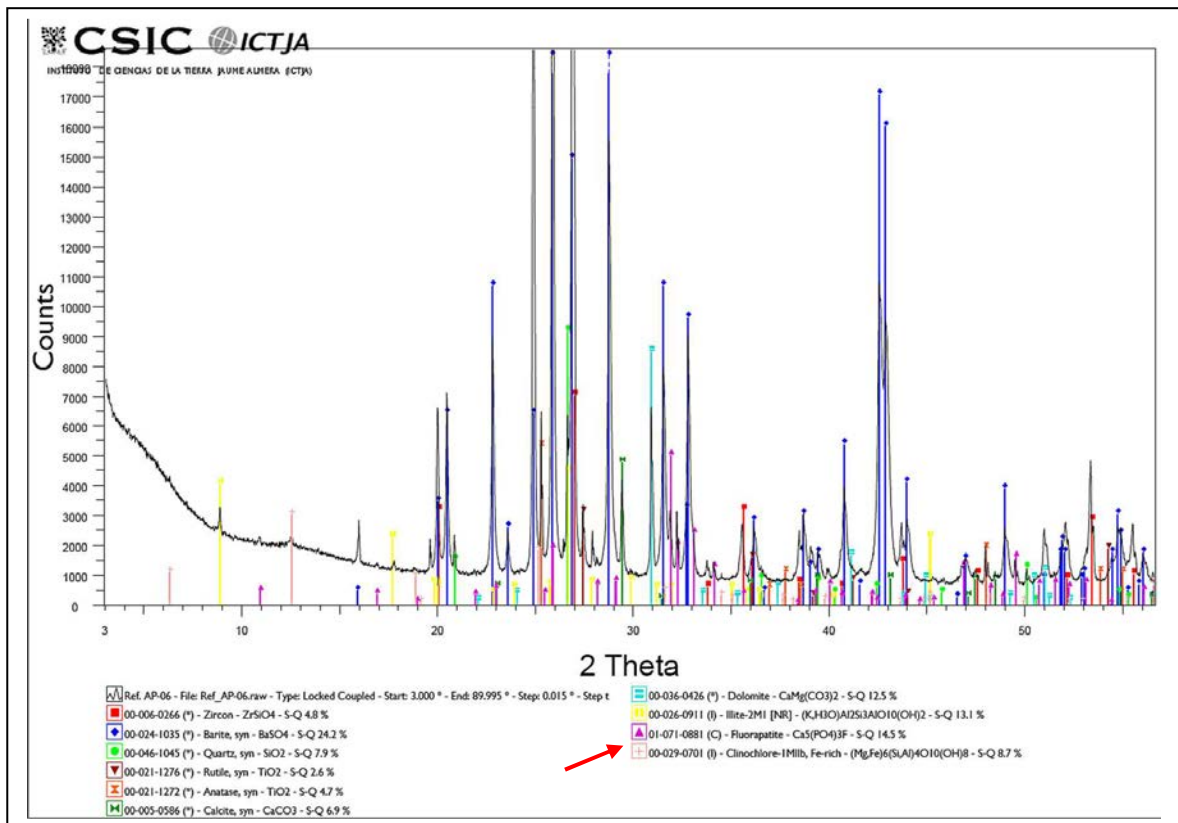
Tabla 1: Resultados de los análisis EDS efectuados sobre partículas de Tipo A y de Tipo B en diferentes

| | SPR-330 | SPR-511b | SPR-705 | 012VOC-22 | 022VOR-06 | 008AN-29 | 010VOC-01 | 001AN-12 | 006AN-12 | 008AN-30 | 010VOC-12 | 007AP-04 |
|--------|---------|----------|---------|-----------|-----------|----------|-----------|----------|----------|----------|-----------|----------|
| Tipo | A | A | A | A | A | A | B | B | B | B | B | B |
| O K | 38,51 | 50,31 | 62,50 | 63,88 | 49,98 | 71,25 | 58,82 | 62,97 | 48,86 | 60,12 | 64,89 | 62,67 |
| F K | 3,73 | 5,17 | 3,88 | 0,00 | 3,75 | 0,00 | 0,00 | 5,00 | 2,31 | 4,48 | 7,70 | 1,63 |
| P K | 21,59 | 17,48 | 14,01 | 12,72 | 15,14 | 10,67 | 12,26 | 10,91 | 14,36 | 13,02 | 10,30 | 7,17 |
| Ca K | 36,17 | 27,05 | 19,61 | 19,93 | 28,43 | 15,61 | 23,83 | 15,41 | 28,69 | 18,67 | 14,83 | 10,84 |
| Sr K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| REE | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Fe K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,75 | 0,34 | 1,05 | 1,23 | 0,26 | 0,34 | 0,12 | 1,04 | 0,45 |
| Mn K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Al K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,36 | 0,66 | 0,45 | 0,97 | 0,80 | 1,29 | 1,37 | 0,00 | 0,87 |
| K K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,09 | 0,42 | 0,00 | 0,30 | 0,34 | 0,00 | 0,00 |
| Mg K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,26 |
| Na K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,60 | 0,31 | 0,00 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,80 | 0,00 |
| S K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,00 | 0,18 | 0,24 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,00 |
| Si K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,46 | 1,17 | 0,65 | 1,83 | 4,66 | 3,55 | 1,89 | 0,00 | 16,11 |
| Total. | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

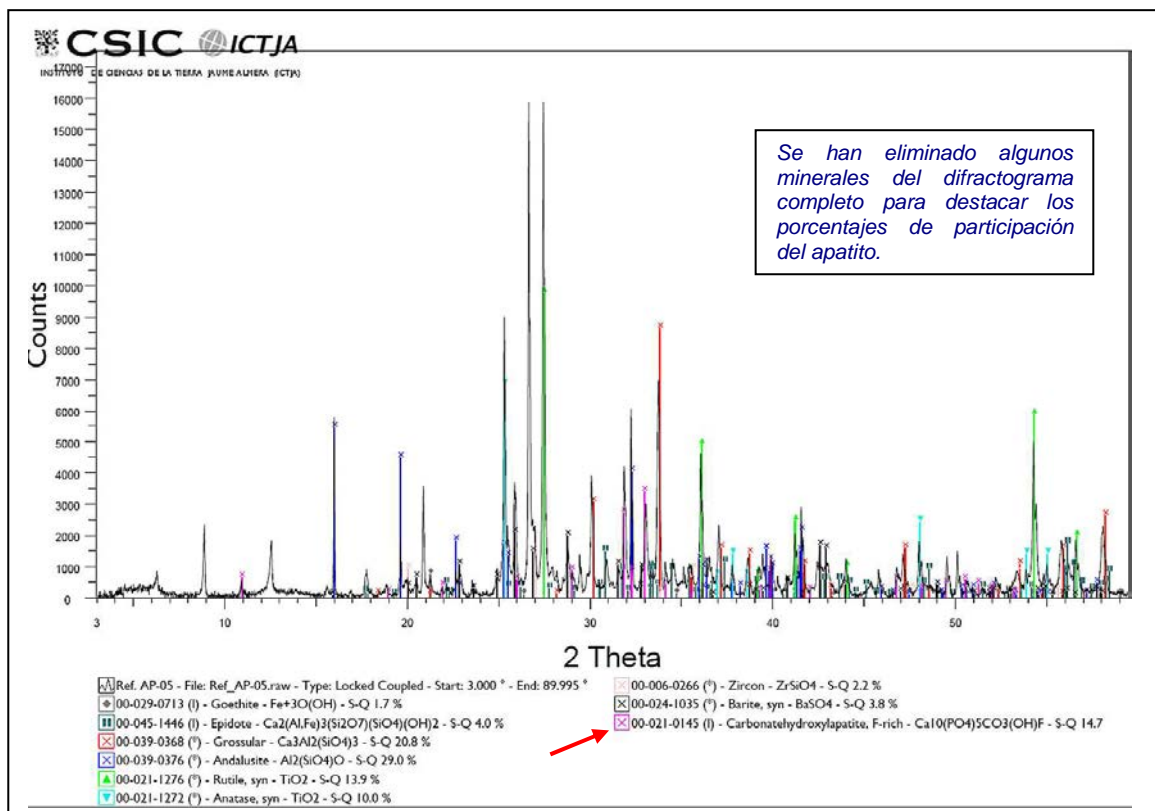
Análisis por DRX sobre las muestras AP-05 y AP-06



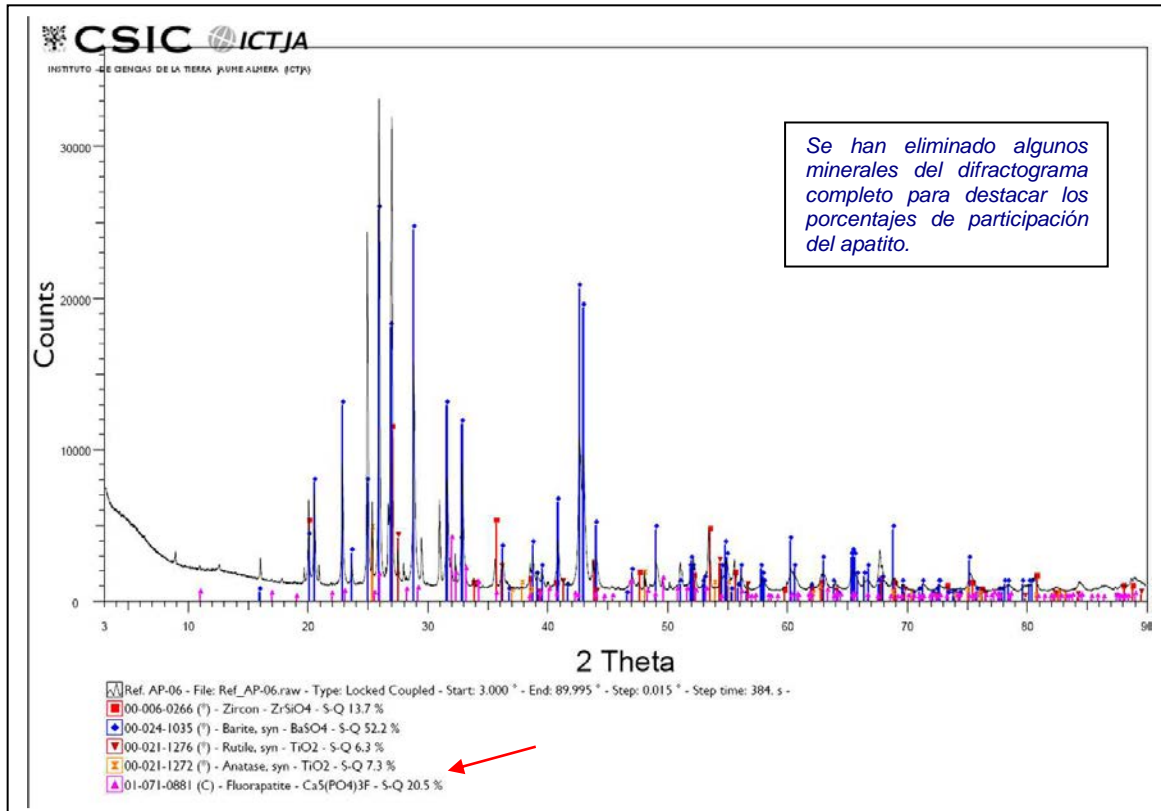
Difractograma 1: Semicuantitativo completo de la muestra AP-05 que corresponde a la totalidad de las fracciones electromagnéticas de 0,80 y 1,30 amperios. (→ carbonathydroxilapatito: S-Q 9,8%)



Difractograma 2: Semicuantitativo completo de la muestra AP-06 que corresponde a la totalidad de la fracción diamagnética. (→ Fluorapatito: S-Q 8,7%).



Difractograma 3: Semicuantitativo de la muestra AP-05 que corresponde a la totalidad de las fracciones electromagnéticas de 0,80 y 1,30 amperios. Se ha eliminado: Cuarzo, calcita, dolomita, illita y clinocloro. (→ Carbonatohidroxilapatito: S-Q 14,7%).



Difractograma 4: Semicuantitativo de la muestra AP-06 que corresponde a la totalidad de la fracción diamagnética. Se ha eliminado: Cuarzo, calcita, dolomita, illita y clinocloro. (→ Fluorapatito: S-Q 20,5%)

Conclusiones de los difractogramas

En el difractograma correspondiente a las fracciones electromagnéticas de 0,80 y 1,30 amperios (muestra AP-05), se agrupa un conjunto extenso de minerales y entre ellos los primeros apatitos, que se identifican como carbonatohidroxilapatito (no detectados por EDS, al haber eliminado el ión carbono de los análisis), aunque no podemos descartar la presencia de fluorapatitos en cantidades inferiores al 5%, más teniendo en cuenta que el porcentaje de flúor en la mayoría de las partículas analizadas es demasiado elevado para corresponder todos ellos a la fórmula de aquel.

El correspondiente a la fracción diamagnética (muestra AP-06) agrupa la mayor cantidad de apatitos de tipo A y casi todos los de tipo B. Se identifican ambos como fluorapatitos.

No se aprecian cantidades apreciables de REE.

La presencia en las partículas del apatito Tipo B de aluminio, potasio, y unas cantidades algo elevadas de Fe y Si respecto a fórmula, sugieren una composición más compleja para estas partículas oscuras, con la posible existencia de trazas de otros minerales.

Resumen de las propiedades físicas y características específicas de las partículas separadas de los sedimentos de la zona de estudio.

| Propiedades y características | Apatito (Tipo A) | Apatito (Tipo B) |
|-------------------------------|--|---|
| Clasificación | Carbonatohidroxilapatito (0,80-1,30A) Fluorapatito (Diamagnético) | Fluorapatito (Diamagnético) |
| Formas | Monocristales con hábito cristalino prismático, combinando las formas de prisma hexagonal y bipirámide. Son frecuentes las caras curvas y los cristales redondeados. | Partículas de redondeadas a angulosas. |
| Color | Incoloro. Blanco lechoso. Amarillento | Negro, Gris. Algunos de ligeramente amarronados a beige. |
| Diafanidad | Transparente a translúcido | Opaco |
| Brillo | Vítreo | Ligeramente matizado |
| Susceptibilidad magnética | Atraíble desde (0,80-1,30A) el carbonatohidroxilapatito. Mayoritariamente diamagnético el fluorapatito. | Diamagnético |
| Abundancias | Es el tipo de apatito más abundante | En proporción mucho menor |
| Origen | Ortomagmático como mineral accesorio en rocas ígneas ácidas. Pegmatítico. Asociado a rocas metamórficas ricas en Ca. | Su posible origen se comenta en capítulo aparte en esta página. |

Áreas fuente

Las partículas de Tipo A con formas mayoritariamente euhédricas, que aparecen frescas y poco rodadas, proceden de las rocas ígneas (granitos), de las pegmatitas y de las rocas metamórficas (gneises).

Las que se presentan sin caracteres cristalográficos aparentes, con formas redondeadas y un alto grado de desgaste, proceden del metamorfismo regional (esquistos y pizarras), pudiendo ser de segundo ciclo.

Las partículas de Tipo B, plantean dos posibles orígenes que se han podido dar a la vez.

Se ha comentado en el capítulo del Supergrupo de las alunitas que a mayor abundancia de minerales APS, también pero en menor escala aparece una mayor cantidad de partículas de apatito Tipo B, deduciéndose que con toda probabilidad ambos minerales proceden de niveles estratigráficos próximos o en contacto. En nuestra zona de estudio nos hemos de referir al Carbonífero y a la base del Triásico.

En el Carbonífero los apatitos procederían de la devastación de los niveles de liditas con nódulos de fosfatos (Figs. 11-12).

En el Triásico (*Facies Buntsandstein inf.*), aparecen una cantidad apreciable de partículas de formas ovoides de composición apatito, con colores que van del gris-negro al amarronado e incluso beige claro (Figs: 13-14-15-16), asociadas a los minerales APS, y que se han podido incorporar a los sedimentos miocénicos (suponemos también para ellas un origen autógeno, vinculado al mismo proceso laterítico).

Los resultados de los análisis efectuados a los nódulos de fosfato del Carbonífero, se asemejan a los obtenidos para el apatito de Tipo B. (Tabla 2). Aunque algunos, los grises más claros, no contienen cantidades apreciables de flúor, sus porcentajes de fósforo y calcio son inferiores y los de silicio mucho más elevados.

Los efectuados a las partículas del Buntsandstein, dan en general composiciones algo más complejas, coincidiendo básicamente algunas de ellas con las obtenidas para las del Tipo B. Estas partículas son poco abundantes, por lo que suponemos que no en todos los niveles de formación de minerales APS se han dado las condiciones idóneas para su formación. También posiblemente su resistencia a la alteración y su capacidad de migración hayan sido menores.



Fig. 11: Nódulo de fosfato seccionado recogido en los niveles de liditas del Carbonífero de Castellciuró. (Molins de Rey).



Fig. 12: Nódulo de fosfato incluido en los niveles de liditas del Carbonífero.

Tabla 2: Análisis de varios fragmentos correspondientes a nódulos de fosfato

| Elementos | Fragmentos de nódulos de fosfatos | | | | |
|-------------------|-----------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|
| | NF1(Negro) | NF2(Negro) | NF3(Negro) | NF4(Gris) | NF5(Gris) |
| Composición en A% | | | | | |
| O K | 54,63 | 54,90 | 54,86 | 61,76 | 59,26 |
| F K | 5,78 | 4,28 | 5,04 | | |
| Na K | 0,17 | | | | |
| P K | 15,44 | 15,96 | 15,12 | 5,95 | 7,84 |
| Si K | 0,26 | 1,50 | 1,84 | 23,05 | 21,17 |
| S K | 0,06 | 0,09 | | | |
| Ca K | 23,57 | 22,74 | 23,14 | 9,24 | 11,73 |
| K K | 0,09 | | | | |
| Sr K | | 0,53 | | | |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Tabla XX: Resultados de los análisis por EDS practicados a las partículas separadas del Triásico (facies Buntsandstein inferior) en Martorell; **DM**= Fracción diamagnética; **Frantz**= Separador electromagnético Frantz, valores en amperios.

| | MA-07 | MA-08 | M-11 | MA-12 | MA-13 | MA-13b | MA-14 | M1-15a | MA-15b | MA-17 | MA-18 | MA-26 |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| Color | Negro | Gris | Gris | Níveo | Negro | Negro | Pardo | Pardo | Pardo | Pardo | Pardo | Pardo |
| Frantz | DM | DM | DM | DM | DM | DM | DM | DM | DM | 1,30A | 1,30A | DM |
| O K | 58,93 | 69,62 | 66,86 | 64,26 | 65,33 | 46,03 | 59,97 | 68,80 | 70,91 | 64,75 | 62,88 | 67,13 |
| F K | 0,23 | 0,00 | 1,20 | 1,36 | 5,76 | 1,80 | 5,13 | 3,61 | 4,63 | 3,95 | 0,00 | 4,31 |
| P K | 9,17 | 8,19 | 10,63 | 11,74 | 11,35 | 19,14 | 12,51 | 10,48 | 9,21 | 11,11 | 10,69 | 10,73 |
| Ca K | 23,62 | 13,10 | 17,46 | 19,64 | 16,57 | 33,03 | 19,82 | 15,29 | 13,12 | 17,62 | 20,86 | 15,92 |
| Sr K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| REE | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,04 | 0,04 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Fe K | 0,36 | 0,65 | 0,23 | 0,14 | 0,05 | 0,00 | 0,14 | 0,07 | 0,11 | 0,28 | 1,20 | 0,13 |
| Mn K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Al K | 0,76 | 2,47 | 1,04 | 0,63 | 0,14 | 0,00 | 0,48 | 0,12 | 0,53 | 0,64 | 0,99 | 0,29 |
| K K | 0,12 | 0,58 | 0,31 | 0,25 | 0,08 | 0,00 | 0,16 | 0,00 | 0,15 | 0,19 | 0,31 | 0,10 |
| Mg K | 0,20 | 0,21 | 0,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Na K | 0,00 | 0,00 | 0,30 | 0,39 | 0,23 | 0,00 | 0,39 | 0,46 | 0,38 | 0,26 | 0,28 | 0,40 |
| S K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,34 | 0,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,29 |
| Si K | 6,61 | 5,18 | 1,82 | 1,30 | 0,49 | 0,00 | 1,06 | 0,91 | 0,93 | 1,20 | 2,78 | 0,71 |
| Total. | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |



Fig.13: Partículas de apatito de diferente coloración recuperadas de la fracción diamagnética de la facies Buntsandstein inferior de Martorell.



Fig.14: Partículas de apatito de color pardo a marrón recuperadas de la fracción diamagnética de la facies Buntsandstein inferior de Martorell.

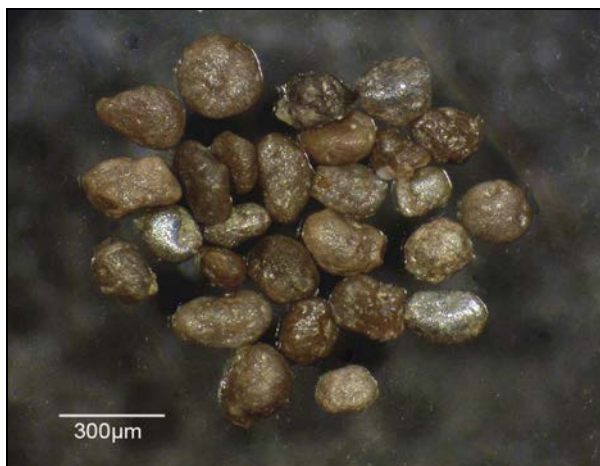


Fig.15: Partículas de apatito de color pardo a marrón recuperadas de la fracción diamagnética de la facies Buntsandstein inferior de Martorell.



Fig.16: Partículas de apatito de colores más claros y amarronados recuperadas de la fracción de 1,30A. de la facies Buntsandstein inferior de Martorell.

Conclusiones finales

De ambos orígenes se han podido aportar partículas de apatito del Tipo B a los sedimentos del Mioceno, siendo los procedentes de los niveles de liditas y nódulos de fosfatos del Carbonífero los manifiestamente más abundantes.

Apatito de origen orgánico

En los sedimentos de facies marinas del Mioceno del sector Penedès y con mayor abundancia en las arenas silíceas de la fosa de Vilanova, es frecuente encontrar en la fracción diamagnética restos esqueléticos y dentarios de fauna marina cuya composición corresponde a fosfato cálcico con presencia de flúor (fluorapatito).

En las imágenes de las *Figs. 1 y 2* se muestran algunas de estas partículas.



Fig. 1: Partículas de fluorapatito de origen orgánico

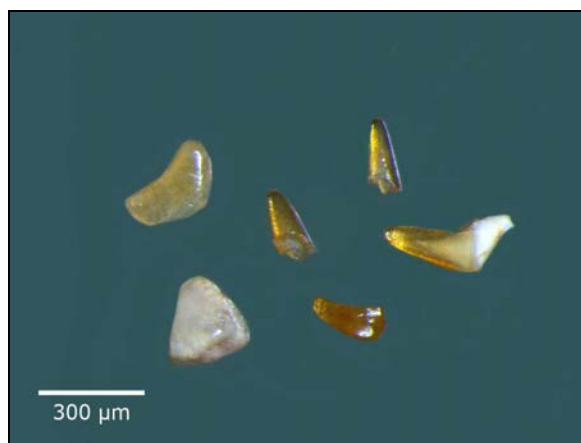


Fig. 2: Dientes de pez de fluorapatito

En la *Tabla 1* se relaciona la composición química obtenida por EDS para tres de ellas. A continuación los espectros correspondientes y las imágenes SEM (*Figuras: 1-2-3*).

Tabla 1: Análisis EDS correspondientes a tres partículas de restos orgánicos marinos.

| Elementos | Partículas de apatito de origen orgánico | | |
|-----------|--|---------|---------|
| | 007AP-26 | SPR-420 | SPR-425 |
| | Composición en A% | | |
| O K | 55,77 | 66,20 | 61,68 |
| F K | 4,12 | 6,55 | 10,37 |
| Na K | | | 0,36 |
| P K | 16,11 | 11,40 | 11,20 |
| Ca K | 24,00 | 15,85 | 16,39 |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

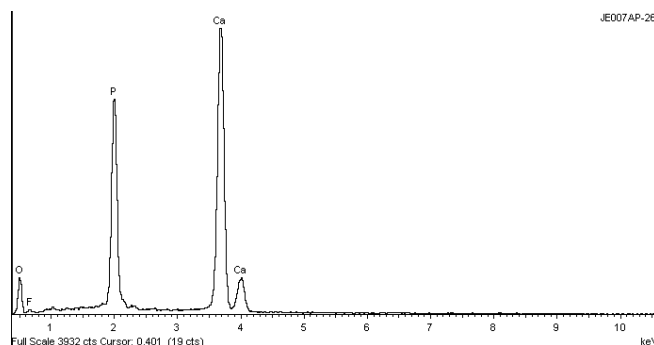
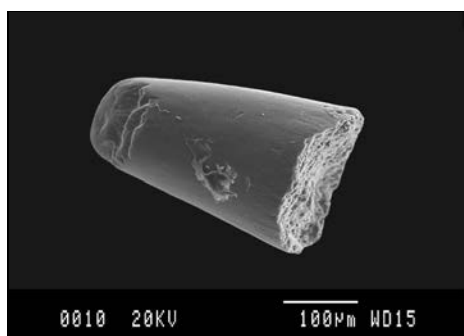


Fig. 1: Imagen SEM y espectro EDS correspondientes a un diente de pez (afloramiento 007AP-Pas de les Piles)

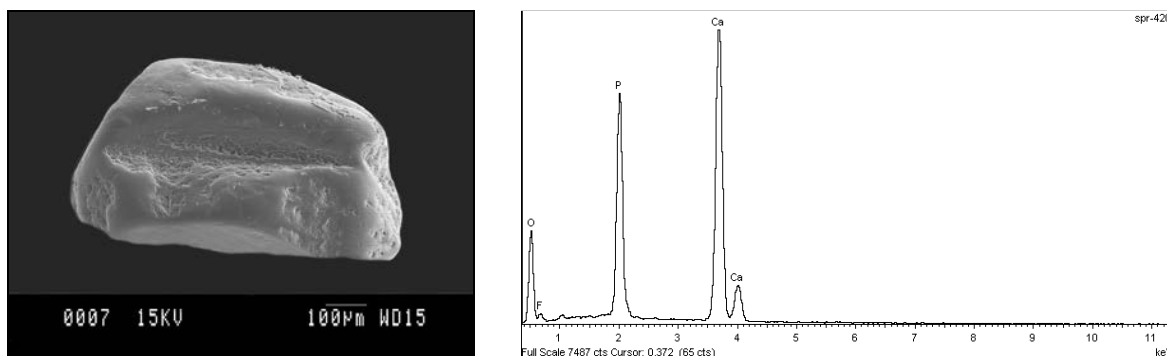


Fig. 2: Imagen SEM y espectro EDS correspondientes a un resto orgánico de pez (afloramiento 004GA- Sílices Mestre)

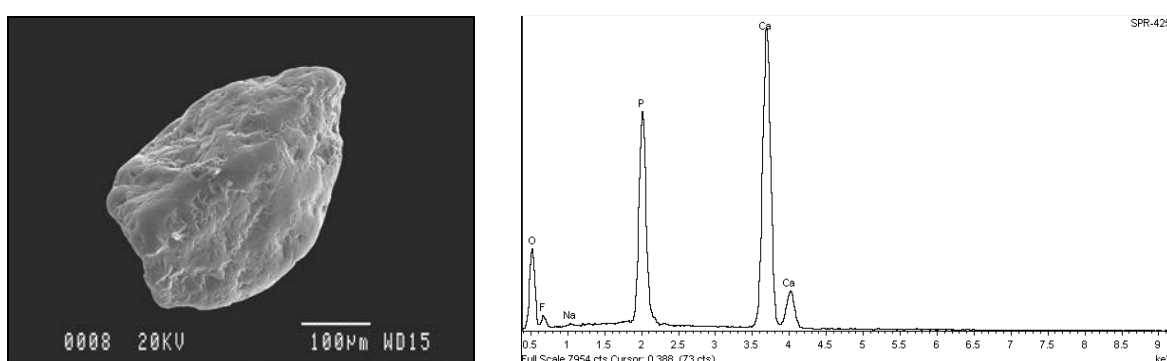


Fig. 3: Imagen SEM y espectro EDS correspondientes a un resto orgánico de pez (afloramiento 004GA-Sílices Mestre)

Conclusiones

Las tres muestras analizadas corresponden a fluorapatito. Este mineral es el que constituye el esqueleto y los dientes de los peces óseos.

4.1.5.- Circón

Grupo mineralógico: Nesosilicatos

Fórmula química: Zr [Si O₄]

Propiedades físicas y otras características generales de la especie:

| | |
|-------------------------------------|--|
| Densidad | 4,6 - 4,7 |
| Dureza | 7,5 |
| Cristalografía | Tetragonal |
| Formas | Prismas bipiramidales de sección cuadrada, con numerosas facetas y caras derivadas por trincadura. |
| Fractura | Concoidea |
| Color | Incoloro, algunas veces coloreado en tonalidades suaves: amarillo, rosa, púrpura, más raramente verde o pardo. |
| Diafanidad | Transparente a translúcido. |
| Brillo | Vítreo o adamantino. |
| Inclusiones | Las más comunes son las de apatito, xenotima, cuarzo, hematites y rutilo. También inclusiones líquidas y gaseosas. |
| Grado de estabilidad | Estable |
| Resistencia a la alteración química | Muy alta. Sin embargo se puede transformar en leucoxeno. |
| Capacidad de migración | Alta |
| Susceptibilidad magnética | No atraíble en el separador Frantz (Diamagnético). |
| Minerales asociados | Feldespatos, anfíboles, cuarzo, micas y cloritoide. |
| Rocas de origen | Mineral accesorio de la mayor parte de rocas ígneas y metamórficas. |

Composición química:

El circón puede contener uranio (U) en su estructura, así como cantidades bastante significativas de elementos como el Hafnio (Hf) y el thorio (Th). También trazas de aluminio (Al), hierro (Fe), fósforo (P) y tierras raras (TR).

| | | Muestra | | Muestra | |
|----------|-----|---------|--------|---------------------------------|--------------|
| | | 1 | 2 | 2 | 3 |
| Elemento | | A% | | Óxido | Ox% |
| Circonio | Zr | 49,77 | 43,14 | ZrO ₂ | 58,27 66,72 |
| Silicio | Si | 15,32 | 14,76 | SiO ₂ | 31,57 32,86 |
| Oxígeno | O | 34,91 | 33,63 | | |
| Hafnio | Hf | | 4,69 | HfO ₂ | 5,53 1,15 |
| Thorio | Th | | | ThO ₂ | 0,01 |
| Uranio | U | | | U ₃ O ₈ | |
| REE | REE | | 3,78 | REE ₂ O ₃ | 4,41 0,03 |
| Totales | | 100,00 | 100,00 | Totales | 99,78 100,77 |

Ejemplos
de
composición

Muestra 1: Fórmula teórica (Peso molecular de la fórmula empírica dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos). Muestra 2: Composición química general. Muestra 3: Sitarampuram, India.

Propiedades físicas y otras características específicas de las partículas separadas de los sedimentos de la zona de estudio.

| | |
|---------------------------|---|
| Formas | Partículas euhédricas y subhédricas. Prismáticas bipiramidales, a veces con gran abundancia de facetas. |
| Color | Incoloro, rosado, amarillento (<i>Fig. 1</i>). |
| Brillo | Adamantino |
| Diafanidad | Transparentes, translúcidas y algunas opacas |
| Inclusiones | No se aprecian |
| Susceptibilidad magnética | Diamagnéticas |
| Posibles áreas fuente | Primario en rocas ígneas. De segundo ciclo en metamórficas |

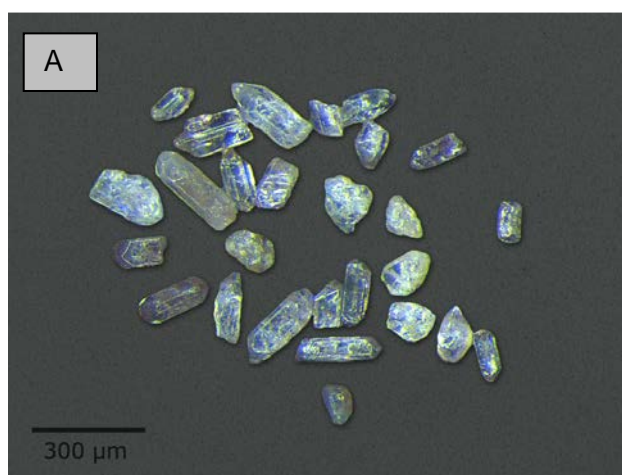
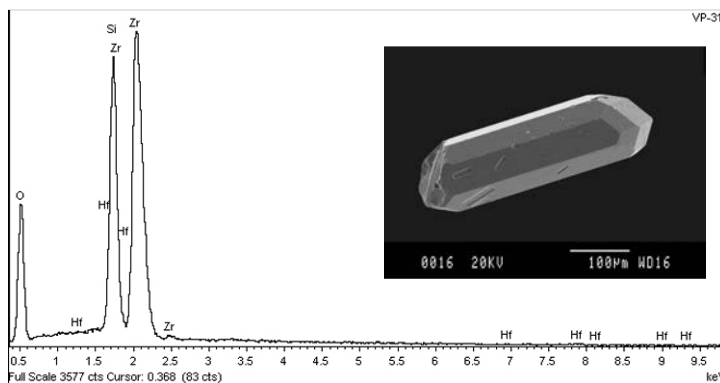


Fig 1: (A) y (B) - Partículas de circón de varios tonos de color, con formas euhédricas y subhédricas. Elegidas de varios afloramientos.

Formas, análisis semicuantitativos y espectros EDS más característicos de las partículas obtenidas en la zona de estudio

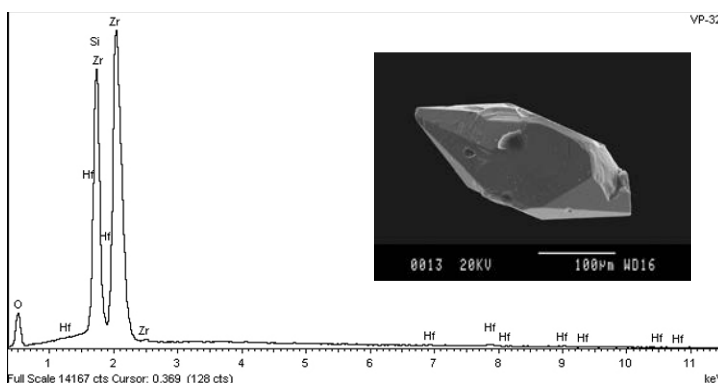
Partícula VP-31 (Diamag)

| Elemento | Wt% | Wt% | A% |
|----------|--------|-------|-------|
| | | Sigma | |
| O K | 25,02 | 0,35 | 55,98 |
| Si K | 16,75 | 0,23 | 21,35 |
| Zr L | 57,27 | 0,45 | 22,48 |
| Hf L | 0,96 | 0,39 | 0,19 |
| Totals | 100,00 | | |



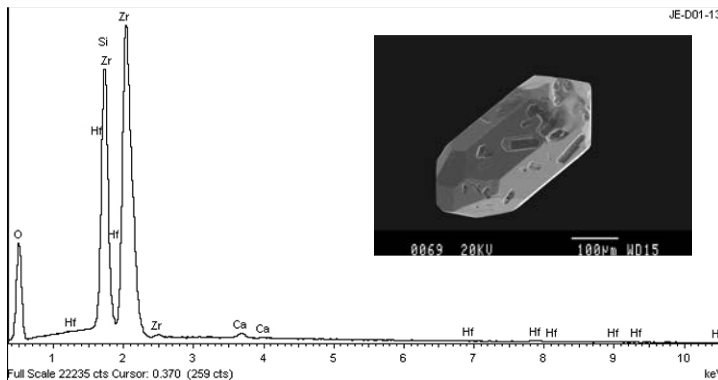
Partícula VP-32 (Diamag)

| Elemento | Wt% | Wt% | A% |
|----------|--------|-------|-------|
| | | Sigma | |
| O K | 26,02 | 0,32 | 57,42 |
| Si K | 16,36 | 0,13 | 20,57 |
| Zr L | 56,09 | 0,31 | 21,71 |
| Hf L | 1,53 | 0,22 | 0,30 |
| Totals | 100,00 | | |



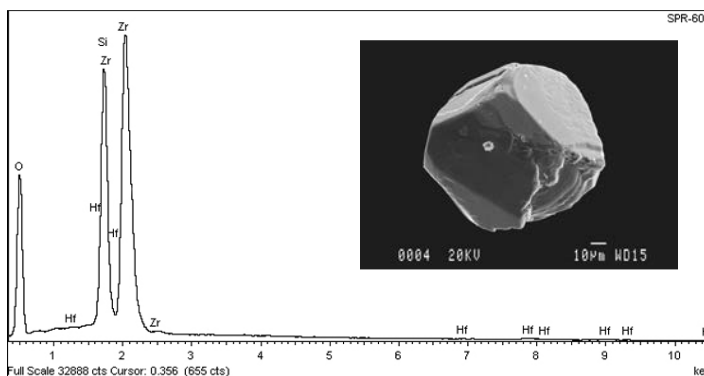
Partícula D01-13 (Diamag)

| Elemento | W% | Wt% | A% |
|----------|--------|-------|-------|
| | | Sigma | |
| O K | 38,67 | 0,22 | 70,78 |
| Si K | 13,21 | 0,08 | 13,77 |
| Zr L | 46,54 | 0,20 | 14,94 |
| Hf L | 1,13 | 0,14 | 0,19 |
| Totals | 100,00 | | |



Partícula SPR-608 (Diamag)

| Elemento | Wt% | Wt% | A% |
|----------|--------|-------|-------|
| | | Sigma | |
| O K | 49,58 | 0,16 | 78,95 |
| Si K | 11,32 | 0,06 | 10,27 |
| Zr L | 37,76 | 0,14 | 10,55 |
| Hf L | 1,35 | 0,17 | 0,24 |
| Totals | 100,00 | | |



Entre paréntesis junto al código de partícula se informa del rango de susceptibilidad magnética en el que ha sido atraída.

4.1.6.- Corindón

Grupo mineralógico: Óxidos

Fórmula química: Al_2O_3

Propiedades físicas y otras características generales de la especie:

| | |
|-------------------------------------|---|
| Densidad | 3,98 - 4,10 |
| Dureza | 9 |
| Cristalografía | Trigonal |
| Formas | Cristales prismáticos pseudo hexagonales (en forma de tonel) con las caras laterales truncadas y generalmente deformadas. También en cristales bipiramidados de contorno hexagonal, más raramente tabulares aplanados o de tipo romboédrico. Las caras son frecuentemente rugosas, redondeadas y estriadas. |
| Fractura | Desigual a concoidea. |
| Color | Muy variable: Incoloro, amarillo, rojo (rubís), azul (zafiros), verde, violáceo, gris o negro. |
| Diafanidad | Transparente a opaco |
| Brillo | Vítreo a adamantino. |
| Inclusiones | Aciculares de rutilo, hematites, etc., orientadas siguiendo una estrella de seis brazos. |
| Grado de estabilidad | Estable |
| Resistencia a la alteración química | Muy alta. |
| Capacidad de migración | Alta |
| Susceptibilidad magnética | No atraíble en el separador Frantz (Diamagnético). Algunas veces se presenta en las fracciones más magnéticas a causa de sus inclusiones. |
| Minerales asociados | Magnetita, hematites, lepidolita |
| Origen | Se asocia a rocas ígneas (sienitas, sienitas nefelínicas, peridotitas), metamórficas (gneises, micaesquistos, mármoles) con bajo contenido en sílice. También a algunos tipos de pegmatita. |

Composición química

El corindón se presenta muy puro, siendo las trazas de impurezas las que provocan su coloración: el cromo el color rojo, el hierro y el titanio el azul, el hierro férrico y el hierro ferroso el amarillo y el verde. Pueden aparecer trazas de vanadio.

Composición química teórica: Peso molecular de la fórmula empírica dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos.

| Elemento | A% | | Ox% | óxidos |
|----------|--------|----|--------|---------|
| Aluminio | 52,93 | Al | 100,00 | AlO_2 |
| Oxígeno | 47,07 | O | | |
| Totales | 100,00 | | 100,00 | |

Propiedades físicas y otras características específicas de las partículas separadas de los sedimentos de de la zona de estudio.

| | |
|---------------------------|---|
| Formas | Partículas xenomorfas angulosas a subredondeadas (<i>Fig.1</i>) |
| Color | Incoloras, con áreas más o menos extensas de color azul. |
| Brillo | Adamantino algo resinoso. |
| Diafanidad | Translúcidas a opacas. |
| Inclusiones | No se aprecian |
| Susceptibilidad magnética | Diamagnéticas. |
| Posibles áreas fuente | Asociada a rocas metamórficas (gneises y micaesquistos). |

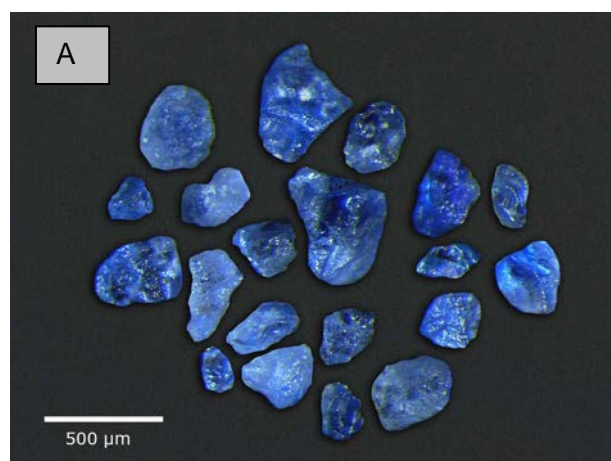
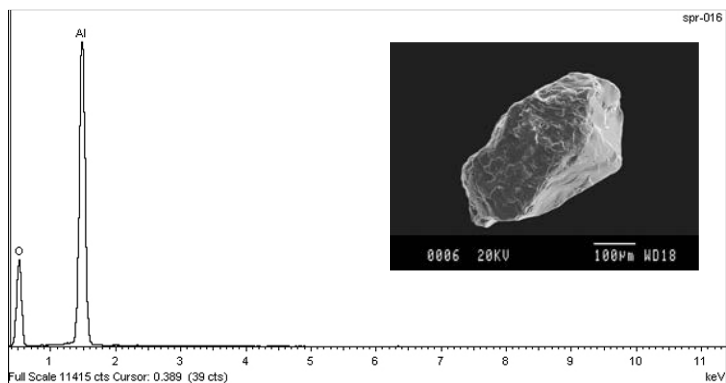


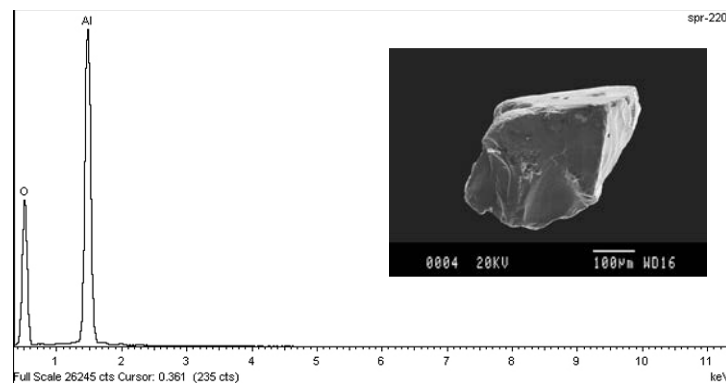
Figura 1: (A) y (B) - Partículas de corindón con formas xenomorfas y bordes de subangulosos a angulosos.

Formas, análisis semicuantitativos y espectros EDS más característicos de las partículas obtenidas en la zona de estudio

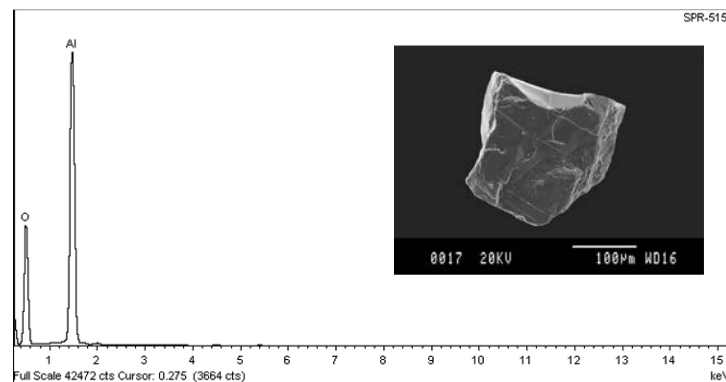
| <i>Partícula SPR-016 (Diamag)</i> | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-----------|
| <i>Elemento</i> | <i>Wt%</i> | <i>Wt%</i> | <i>A%</i> |
| | | <i>Sigma</i> | |
| O K | 51,81 | 0,29 | 64,45 |
| Al K | 48,19 | 0,29 | 35,55 |
| Totals | 100,00 | | |



| <i>Partícula SPR- 220 (Diamag)</i> | | | |
|------------------------------------|------------|--------------|------------|
| <i>Elemento</i> | <i>Wt%</i> | <i>Wt%</i> | <i>Ac%</i> |
| | | <i>Sigma</i> | |
| O K | 59,41 | 0,15 | 71,17 |
| Al K | 40,59 | 0,15 | 28,83 |
| Totals | 100,00 | | |



| <i>Partícula SPR-515 (Diamag)</i> | | | |
|-----------------------------------|------------|--------------|-----------|
| <i>Elemento</i> | <i>Wt%</i> | <i>W%</i> | <i>A%</i> |
| | | <i>Sigma</i> | |
| O K | 57,27 | 0,13 | 69,33 |
| Al K | 42,73 | 0,13 | 30,67 |
| Totals | 100,00 | | |



Entre paréntesis junto al código de partícula se informa del rango de susceptibilidad magnética en el que ha sido atraída

4.1.7.- Epidota y Clinocloro

Grupo mineralógico: Epidota (Sorosilicatos) / Clinocloro (Filosilicatos)

Epidota

El grupo de las epidotas responden a la fórmula química general: $X_2 Y M_2 SiO_4 Si_2O_7 \cdot O OH$

Con: $X = Ca, REE (Ce, La, Nd), Y, Pb, Sr, Th, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Mn^{3+}$

$Y = Al, Fe^{3+}, Mn^{3+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}, Ti$

$M = Al, Fe^{3+}, Mn^{3+}, V^{3+}, Cr^{3+}, Mg$

La epidota es una solución sólida entre hierro y aluminio (epidota y clinozoisita)

Fórmula de la variedad epidota: $(Si_2O_7) (SiO_4) (Al,Fe) Ca_2Al_2 (O,OH)$

Fórmula de la variedad clinozoisita: $(Si_2O_7) (SiO_4) (Al) Ca_2Al_2 (O,OH)$

El término aluminoso presenta dos polimorfos: la *clinozoisita*, monoclinica, formada a baja presión y la *zoisita* ortorrómbica, formada a alta presión.

Composición química teórica de la epidota: Peso molecular de la fórmula empírica dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos.

| | A% | | Ox% | óxidos |
|-----------|--------|----|--------|--------------------------------|
| Calcio | 15,44 | Ca | 21,60 | CaO |
| Aluminio | 3,90 | Al | 7,36 | Al ₂ O ₃ |
| Hierro | 24,20 | Fe | 34,80 | Fe ₂ O ₃ |
| Silicio | 16,22 | Si | 34,71 | Si O ₂ |
| Hidrógeno | 0,19 | H | 1,73 | H ₂ O |
| Oxígeno | 40,05 | O | | |
| Totales | 100,00 | | 100,00 | |

Clinocloro

Fórmula química: $(MgFe^{2+})_5 Al ((OH)_8/AlSi_3O_{10})$

En clinocloro dentro del subgrupo de los filosilicatos pertenece a las cloritas. Es un aluminosilicato de magnesio, hierro y aluminio, con otros posibles elementos. Al igual que las cloritas tiene una composición química compleja. Puede tener diversos grados de sustitución del silicio por aluminio. Es un término intermedio de una serie de solución sólida con la ripidolita en un extremo (rica en Fe) y la penninita en el otro (rica en magnesio). También se puede considerar como el extremo de otra serie de solución sólida en cuyo otro extremo estaría la chamosita como mineral rico en hierro.

Composición química teórica del clinocloro: Peso molecular de la fórmula empírica dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos.

| | A% | | Ox% | |
|-----------|--------|----|--------|--------------------------------|
| Magnesio | 15,31 | Mg | 25,39 | MgO |
| Aluminio | 9,07 | Al | 17,13 | Al ₂ O ₃ |
| Hierro | 11,73 | Fe | 15,09 | FeO |
| Silicio | 14,16 | Si | 30,28 | Si O ₂ |
| Hidrógeno | 1,35 | H | 12,11 | H ₂ O |
| Oxígeno | 48,38 | O | | |
| Totales | 100,00 | | 100,00 | |

Análisis de epidota y clinocloro correspondientes a localidades tipo

| Componentes | 1 | 2 | 3 |
|--------------------------------|---------|------------|------------|
| | Epidota | Clinocloro | Clinocloro |
| SiO ₂ | 36,52 | 33,83 | 32,12 |
| Fe ₂ O ₃ | 17,22 | 2,25 | 7,76 |
| FeO | 0,45 | 3,02 | 1,98 |
| MgO | - | 34,94 | 35,36 |
| Cr ₂ O ₃ | | | 7,88 |
| Al ₂ O ₃ | 20,07 | 12,95 | 9,50 |
| CaO | 23,05 | - | 1,24 |
| H ₂ O ⁺ | 1,98 | 13,11 | 10,25 |
| H ₂ O ⁻ | | | 2,04 |
| Total | 100,19 | 100,10 | 100,37 |

(1) Westfield, Hampden, Massachusetts (USA) (2) Zillertal (Austria) (3) Deer Park, Wyoming (USA)

Fuente de la información: Mineral Data Publishing

Propiedades físicas y otras características generales de ambas especies:

| Propiedades y características | Epidota | Clinocloro |
|-------------------------------------|---|--|
| Densidad | 3,38 - 3,49 | 2,60 - 3,30 |
| Dureza | 6 - 7 | 2-3 |
| Cristalografía | Monoclínico | |
| Formas | Cristales prismáticos equidimensionales con frecuencia biterminados. También apaisados, incluso tabulares. Se presentan finamente estriados paralelamente al eje "b". | Prismas hexagonales o pseudo hexagonales. También en masas granulares gruesas, o bien, en agregados escamosos compacto criptocristalinos |
| Fractura | Irregular. En pasos de escalera | Desigual, quebradizo y frágil |
| Color | Verde pistacho a verde pálido. También verde amarillento y verde oscuro | En varios tonos de verde, pudiendo ser ligeramente amarillento. |
| Diafanidad | Transparente a opaca | |
| Brillo | Vítreo, nacarado, un tanto resinoso | Nacarado, resinoso o mate |
| Grado de estabilidad | Moderadamente estable | |
| Resistencia a la alteración química | Baja | |
| Capacidad de migración | Baja | |
| Susceptibilidad magnética | Medianamente atraíbles en el separador Frantz (0,20 a 0,80A) | Medianamente atraíbles en el separador Frantz (0,20 a 0,80A) |
| Origen | Asociada a un metamorfismo regional de bajo grado (facies de esquistos verdes) con anfíboles cálcicos y clorita. También en metamorfismos de contacto de rocas carbonatadas con diópsido, granates, vesubiana o calcita | Asociado a un metamorfismo regional de bajo grado (facies de esquistos verdes). También en rocas ígneas como alteración de la biotita y otros silicatos ferrimagnéticos (piroxenos o anfíboles). |

Características físico-químicas y morfológicas de las partículas obtenidas en la zona de estudio

Se diferencian desde el punto de vista morfológico dos tipos de epidota, que denominaremos como Tipo I y Tipo II.

- Tipo I: Partículas de epidota de un color verde pistacho a un verde algo más amarillento. Translúcidas y a veces transparentes en los bordes. De angulosas a sub-redondeadas, pudiendo presentar algunas formas euhédricas con caras estriadas (Figs: 1-2).

- Tipo II: Partículas de epidota color verde oscuro, algo amarillentas. Opacas. De angulosas a sub-redondeadas. Aspecto algo nacarado con reflejos micáceos en algunas zonas (Figs: 3-4).

La matriz de ambas, cuando está presente, corresponde a anortita (Figs: 5-6).

Como veremos en los resultados de los análisis que se exponen posteriormente:

Las de Tipo I: Tienen una composición química equilibrada en cuanto a la presencia y proporción de los elementos que componen la fórmula. Algunas con ligera tendencia hacia clinzoisita.

La de Tipo II: Presentan un exceso de hierro en su composición que no corresponde a ningún mineral definido dentro de la solución sólida. *En los análisis por DRX efectuados a algunos grupos de estas partículas, en donde todas poseen aparentemente un aspecto idéntico, se han obtenido porcentajes apreciables de clinocloro. Por este motivo se incluye su estudio en este capítulo.*



Fig. 1: Epidotas de Tipo I. Color verde pistacho. Algunas formas pseudo prismáticas presentan caras estriadas.



Fig.2: Epidotas de Tipo I. Color verde pistacho amarillento. Con formas angulosas y subangulosas.

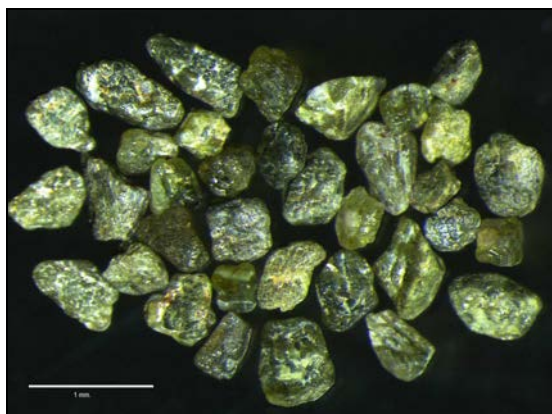


Fig. 3: Epidotas de Tipo II. Color verde oscuro. Opacas. Redondeadas a subredondeadas. Reflejos nacarados.

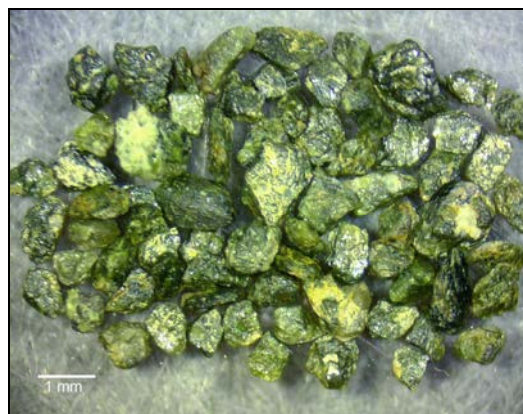


Fig. 4: Epidotas de Tipo II. Color verde oscuro y amarillento. Opacas. Angulosas a subangulosas.



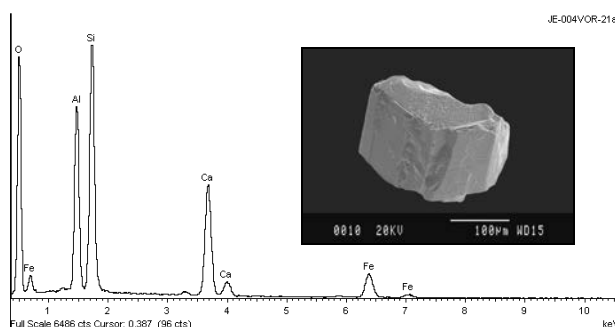
Fig. 5: Epidota de Tipo I. Color verde pistacho, asociada con anortita de color blanco.



Fig. 6: Epidota de Tipo II. Color verde oscuro algo amarillento, asociada con anortita de color blanco.

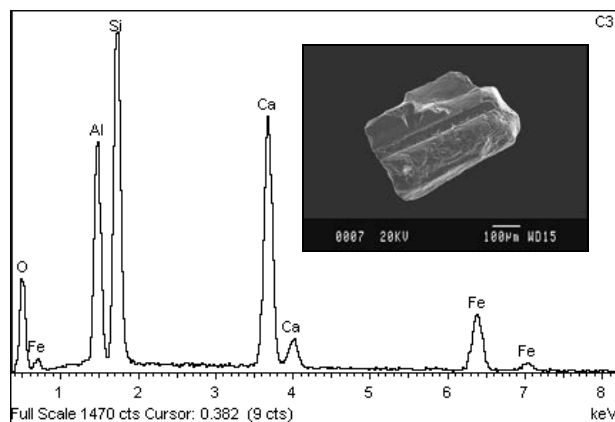
Análisis EDS/SEM practicados inicialmente a partículas del Tipo I

| Partícula 04-VOR-21 (0,45 A) | | | |
|------------------------------|--------|---------------|--------|
| Elemento | Wt % | Wt % Sigma | A% |
| O K | 57,91 | 0,26 | 73,07 |
| Mg K | | | |
| Al K | 12,04 | 0,12 | 9,01 |
| Si K | 16,21 | 0,14 | 11,65 |
| Ca K | 8,87 | 0,09 | 4,47 |
| Fe K | 4,97 | 0,10 | 1,80 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



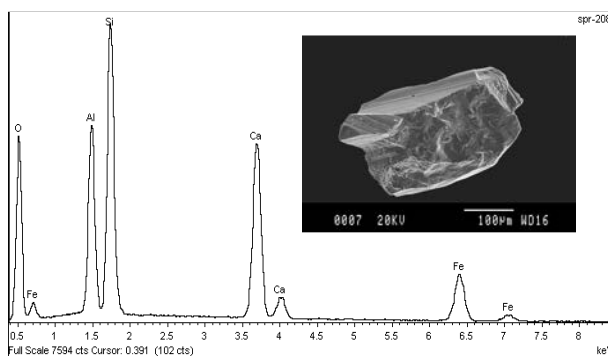
Espectro correspondiente a una partícula de forma prismática subhédrica del afloramiento JE-004-VOR.

| Partícula P01-C3 (0,30 A) | | | |
|---------------------------|--------|---------------|--------|
| Elemento | Wt % | Wt % Sigma | A% |
| O K | 35,48 | 0,76 | 53,97 |
| Mg K | | | |
| Al K | 12,17 | 0,27 | 10,97 |
| Si K | 20,63 | 0,36 | 17,87 |
| Ca K | 19,64 | 0,34 | 11,92 |
| Fe K | 12,08 | 0,35 | 5,26 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a una partícula de forma prismática subhédrica del afloramiento JE-016-VOR.

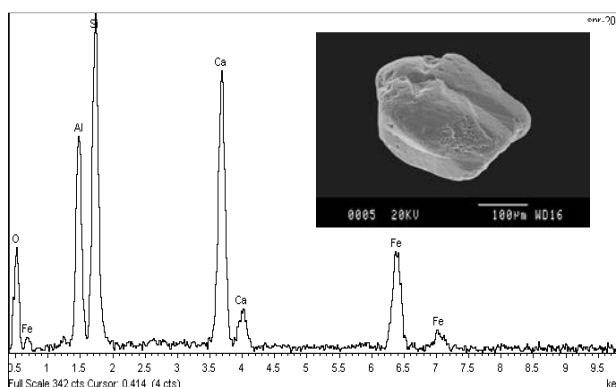
| Partícula SPR-208 (0,30A) | | | |
|----------------------------------|--------|---------------|--------|
| Elemento | Wt % | Wt % Sigma | A% |
| O K | 49,63 | 0,25 | 67,49 |
| Mg K | | | |
| Al K | 10,07 | 0,10 | 8,12 |
| Si K | 0,13 | 0,13 | 13,27 |
| Ca K | 13,68 | 0,11 | 7,43 |
| Mn K | | | |
| Fe K | 9,48 | 0,12 | 3,69 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a una partícula de forma pseudoprismática y bordes angulosos del afloramiento JE-004-GA.

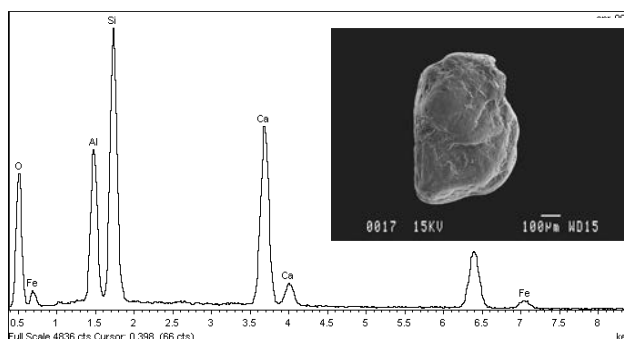
Análisis EDS/SEM practicados inicialmente a partículas del Tipo II

| Partícula SPR-205 (0,45A) | | | |
|----------------------------------|--------|---------------|--------|
| Elemento | Wt % | Wt % Sigma | A% |
| O K | 32,37 | 1,46 | 51,75 |
| Mg K | | | |
| Al K | 11,36 | 0,49 | 10,77 |
| Si K | 18,36 | 0,66 | 16,71 |
| Ca K | 18,94 | 0,63 | 12,08 |
| Mn K | | | |
| Fe K | 18,97 | 0,81 | 8,69 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a una partícula de forma redondeada del afloramiento JE-004-GA.

| Partícula SPR-001 (0,45A) | | | |
|----------------------------------|--------|---------------|--------|
| Elemento | Wt % | Wt % Sigma | A% |
| O K | 43,97 | 0,35 | 63,03 |
| Mg K | | | |
| Al K | 9,45 | 0,12 | 8,03 |
| Si K | 18,09 | 0,17 | 14,77 |
| Ca K | 15,34 | 0,15 | 8,78 |
| Mn K | | | |
| Fe K | 13,14 | 0,18 | 5,40 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a una partícula de forma subredondeada del afloramiento JE-004-GA.

Se preparan dos probetas pulidas y carbonizadas (Figs. 7-8), para analizar por EDS (Tablas: 1-2), las partículas correspondientes a una muestra global de los afloramientos JE-001-GA a JE-006-GA (que denominamos SPR-01). En una de ellas (EVC) agrupamos un conjunto de partículas del Tipo I, en la otra (EVO) lo hacemos con las del Tipo II.

Probeta EVC:

- Muestra (SPR-01) partículas Tipo I
- Número de partículas: 9 (EVC-1 a EVC-9)
- Recuperadas de la fracción electromagnética de 0,45 amperios.
- Afloramiento: Explotación de arenas silíceas de Can Mestre en Sant Pere de Ribes.
- Mioceno de la fosa de Vilanova

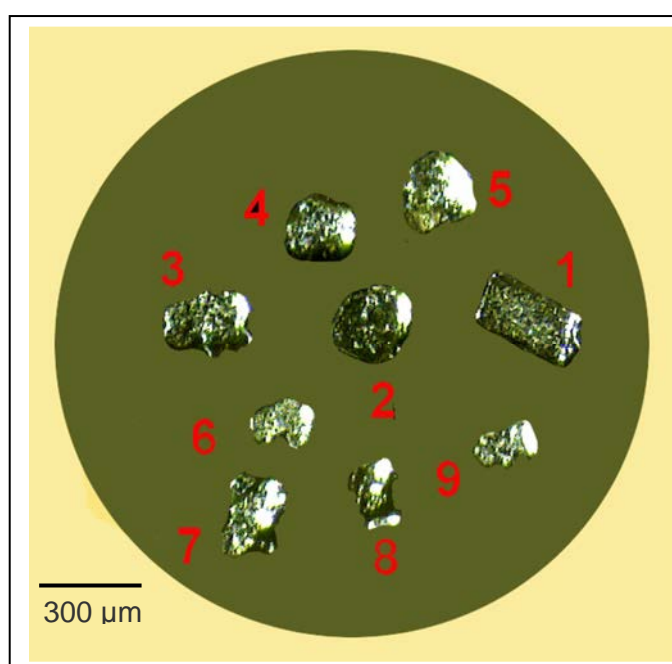


Fig.7: Probeta EVC con 9 partículas del Tipo I - Mioceno

Tabla 1: Valores analíticos EDS obtenidos de las partículas de Tipo I incluidas en la probeta EVC

| Elemento | EVC-01 | EVC-02 | EVC-03 | EVC-04 | EVC-05 | EVC-06 | EVC-07 | EVC-08 | EVC-09 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | A% | | | | | | | | |
| O | 59,53 | 61,05 | 60,97 | 61,05 | 59,48 | 58,94 | 59,24 | 59,04 | 59,22 |
| Mg | | | | | | | | | |
| Al | 10,58 | 10,08 | 10,57 | 10,47 | 10,10 | 10,80 | 10,44 | 10,03 | 11,09 |
| Si | 15,36 | 14,47 | 14,54 | 14,66 | 15,97 | 16,06 | 16,07 | 16,04 | 16,23 |
| Ca | 10,37 | 10,17 | 10,28 | 10,07 | 10,05 | 10,21 | 10,07 | 10,21 | 10,05 |
| Ti | | | | | | | | | |
| Mn | | | | | | | | | |
| Fe | 4,16 | 4,23 | 3,64 | 3,75 | 4,40 | 3,99 | 4,18 | 4,68 | 3,41 |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Probeta EVO

- Muestra (SPR-01) partículas Tipo II
- Número de partículas: 13 (EVO-1 a EVO-13)
- Recuperadas de la fracción electromagnética de 0,45 amperios.
- Afloramiento: Explotación de arenas silíceas de Can Mestre en Sant Pere de Ribes.
- Mioceno de la fosa de Vilanova

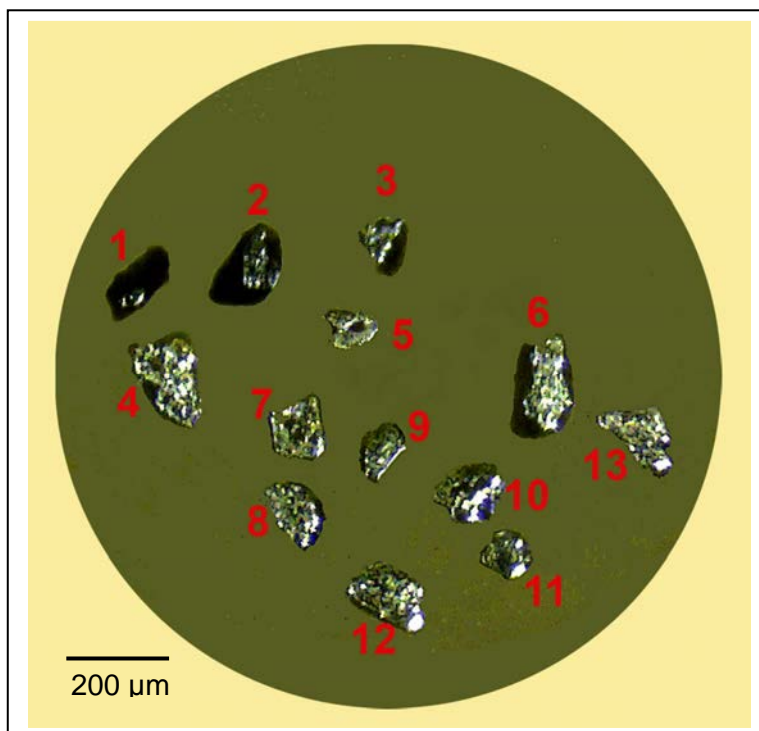


Fig.8: Probeta EVO con 13 partículas del Tipo II - Mioceno

Tabla 2: Valores analíticos EDS obtenidos de las partículas de Tipo II incluidas en la probeta EVO

| Elemento | EVO-01 | EVO-02 | EVO-03 | EVO-04 | EVO-05 | EVO-06 | EVO-07 | EVO-08 | EVO-09 | EVO-10 | EVO-11 | EVO-12 |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | A% | | | | | | | | | | | |
| O | 61,07 | 61,00 | 60,42 | 60,24 | 61,01 | 60,24 | 59,32 | 60,21 | 60,37 | 59,67 | 60,76 | 59,92 |
| Mg | | | | | | | | | | | | |
| Al | 9,42 | 8,54 | 7,56 | 9,49 | 8,93 | 9,42 | 8,45 | 8,15 | 9,22 | 8,01 | 7,82 | 9,43 |
| Si | 14,52 | 14,40 | 14,74 | 14,82 | 14,52 | 14,77 | 14,95 | 15,00 | 14,66 | 14,94 | 14,48 | 15,63 |
| Ca | 10,18 | 10,22 | 10,27 | 10,50 | 10,27 | 10,55 | 10,63 | 10,22 | 10,50 | 10,63 | 10,25 | 9,94 |
| Ti | 0,04 | 0,15 | 0,04 | | | | 0,07 | | | 0,06 | 0,10 | 0,19 |
| Mn | | 0,07 | 0,07 | | | | 0,10 | 0,13 | | 0,11 | | |
| Fe | 4,77 | 5,62 | 6,90 | 4,95 | 5,27 | 5,02 | 6,48 | 6,29 | 5,25 | 6,58 | 6,59 | 4,89 |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Cálculos para la confección de una gráfica (Fig.9) que nos permita situar la proximidad de cada partícula a los extremos de la serie Epidota-Clinzoisita

Fórmulas de partida:

- clinzoisita: $(\text{Si}_2\text{O}_7) (\text{SiO}_4) (\text{Al}_3) \text{Ca}_2 (\text{O},\text{OH})$
- epidota: $(\text{Si}_2\text{O}_7) (\text{SiO}_4) (\text{Al}_2 \text{Fe}) \text{Ca}_2 (\text{O},\text{OH})$

Aplicando las fracciones: (1) $\% \text{Al} / (\% \text{Al} + \% \text{Fe})$ y (2) $\% \text{Fe} / (\% \text{Al} + \% \text{Fe})$ en cada fórmula (valores de A%), se obtiene:

Para la clinzoisita (1): $3 / 3+0 = 1$
(2): $0 / 3+0 = 0$
Coordenadas para la clinzoisita pura: $X=0, Y=1$

Para la epidota (1): $2 / 2+1 = 0,66$
(2): $1 / 2+1 = 0,33$
Coordenadas para epidota pura: $X=0,33, Y=0,66$

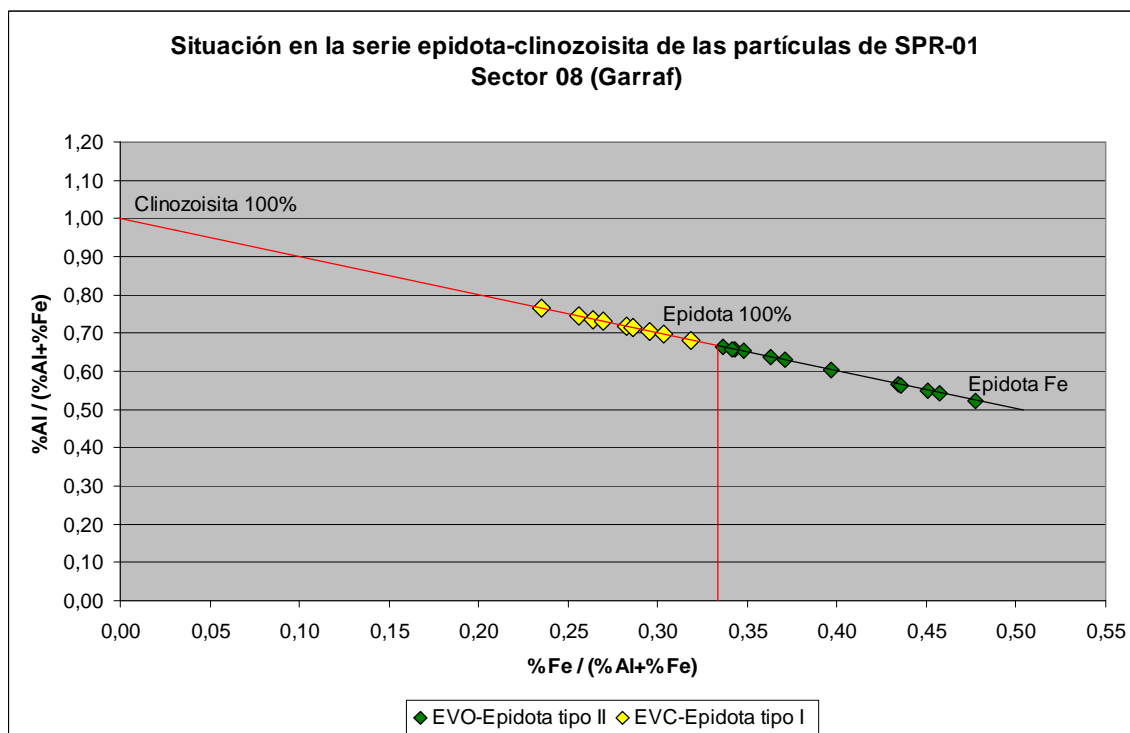


Fig. 9: Situación de las partículas Tipo I y Tipo II en la gráfica de aproximación a los dos extremos de la serie

Conclusiones

Las partículas de Tipo I se sitúan en el sector de la epidota con una ligera tendencia a clinzoisita.

Las partículas de Tipo II se sitúan en el sector de la epidota, pero con una acusada tendencia en algunas de ellas a presentar un contenido en hierro superior al que le correspondería por fórmula.

Para comprobar los minerales que forman parte de cada tipo, se ha sometido a una selección de partículas de ambos grupos (EVC y EVO) a DRX (Figs, 10-11; 12-13) y (Difractogramas: 1 y 2).

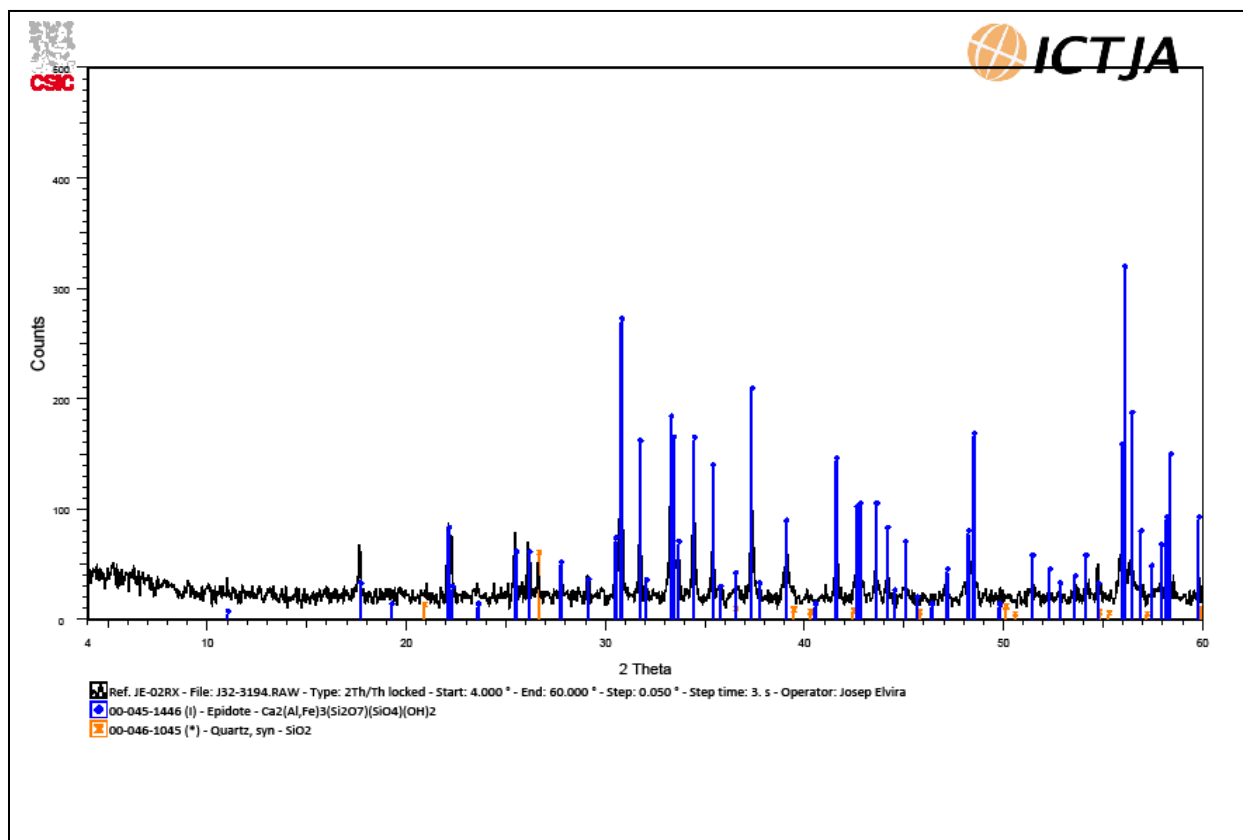
Epidota Tipo I



Fig. 10: Selección de partículas Tipo I de las mismas características morfológicas que las de la probeta EVC



Fig. 11: Selección de partículas Tipo I de las mismas características morfológicas que las de la probeta EVC.



Difractograma 1: La selección de partículas Tipo I de la muestra SPR-01 (igual que las obtenidas para la probeta EVC) se compone mayoritariamente de epidota con presencia de cuarzo.

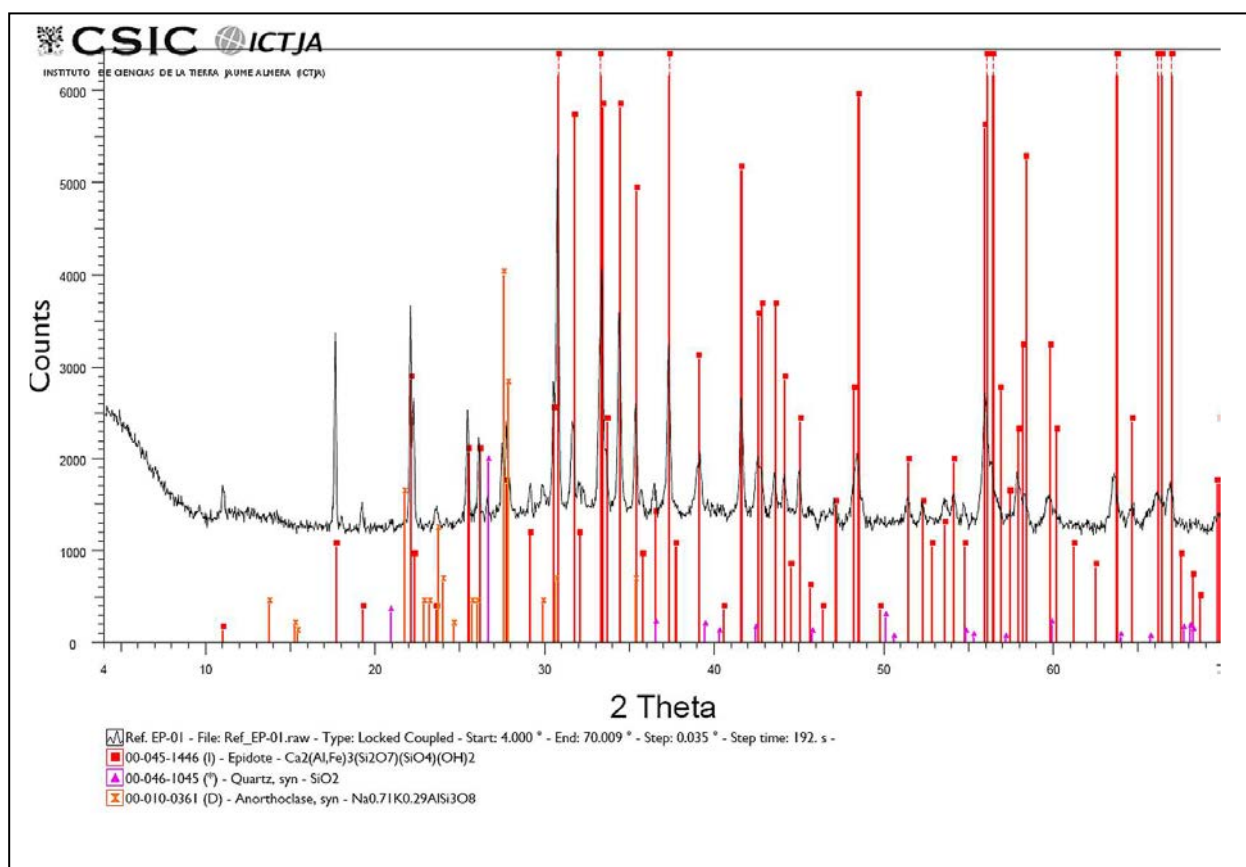
Epidota Tipo II



Fig.12: Selección de partículas Tipo II de las mismas características morfológicas de las de la probeta EVO.



Fig.13: Selección de partículas Tipo II de las mismas características morfológicas de las de la probeta EVO.

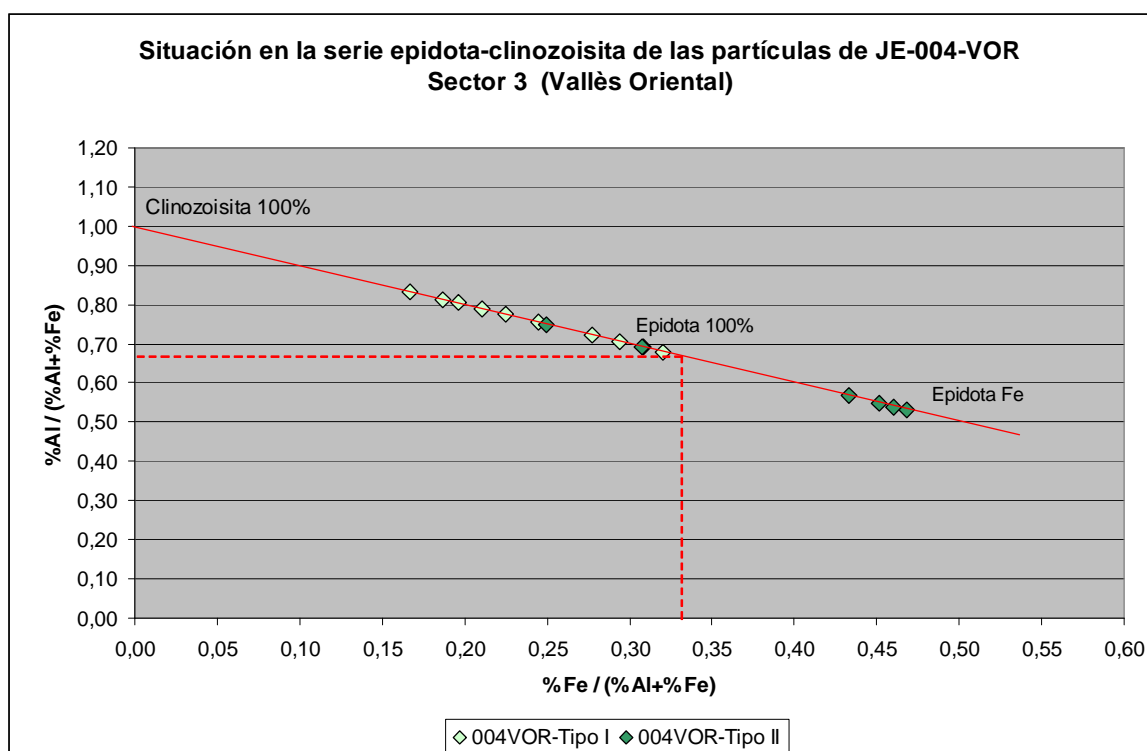


Difractograma 2: La selección de partículas Tipo II de la muestra SPR-01 (igual que las obtenidas para la probeta EVO) se compone mayoritariamente de epidota con presencia de anortita y cuarzo.

Gráficas de situación dentro de la serie epidota-clinozoisita confeccionadas con los resultados analíticos obtenidos por EDS de las partículas de distintos sectores preparadas en "stubs" carbonizados.

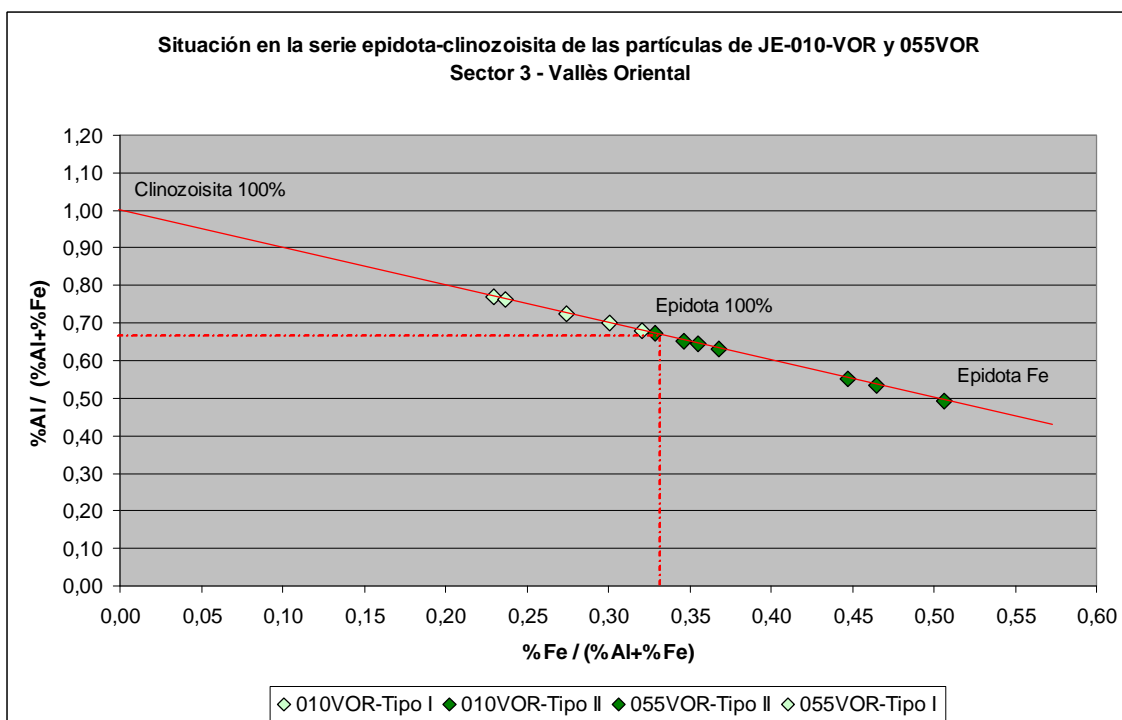
Partículas de JE-004-VOR
 Liça de Munt
 Sector 3 (Vallès Oriental)
 Mioceno

| Tipo | Partícula | %Al / (%Al+%Fe) | %Fe / (%Al+%Fe) |
|---------|------------|-----------------|-----------------|
| Tipo II | 004VOR-10 | 0,53 | 0,47 |
| Tipo II | 004VOR-10b | 0,57 | 0,43 |
| Tipo II | 004VOR-11 | 0,54 | 0,46 |
| Tipo II | 004VOR-12 | 0,69 | 0,31 |
| Tipo I | 004VOR-12a | 0,80 | 0,20 |
| Tipo I | 004VOR-12b | 0,81 | 0,19 |
| Tipo I | 004VOR-12c | 0,79 | 0,21 |
| Tipo I | 004VOR-13 | 0,72 | 0,28 |
| Tipo II | 004VOR-13a | 0,55 | 0,45 |
| Tipo I | 004VOR-13b | 0,71 | 0,29 |
| Tipo I | 004VOR-13c | 0,68 | 0,32 |
| Tipo I | 004VOR-21 | 0,83 | 0,17 |
| Tipo I | 004VOR-21a | 0,76 | 0,24 |
| Tipo I | 004VOR-21b | 0,77 | 0,23 |
| Tipo II | 004VOR-25 | 0,75 | 0,25 |
| Tipo II | 004VOR-25a | 0,69 | 0,31 |



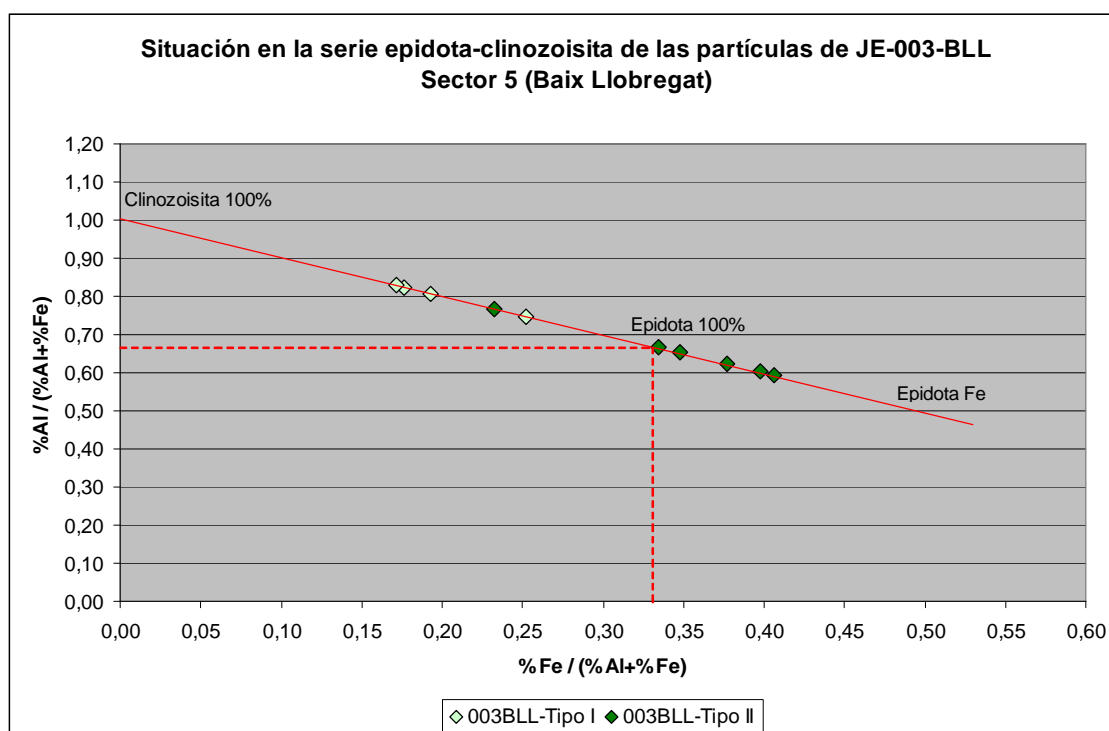
Partículas de JE-010-VOR - El Falgar (Llerona)
 Partículas de JE-055-VOR - T. Malhivern (La Garriga)
 Sector 3 - (Vallès Oriental)
 Mioceno

| Tipo | Partícula | %Al / (%Al+%Fe) | %Fe / (%Al+%Fe) |
|---------|--------------|-----------------|-----------------|
| Tipo II | 010VOR-01 | 0,55 | 0,45 |
| Tipo II | 010VOR-01b | 0,63 | 0,37 |
| Tipo II | 010-VOR-02 | 0,65 | 0,35 |
| Tipo II | 010-VOR-03 | 0,67 | 0,33 |
| Tipo II | 010-VOR-06 | 0,64 | 0,36 |
| Tipo I | 010-VOR-05 | 0,77 | 0,23 |
| Tipo I | 010-VOR-07 | 0,76 | 0,24 |
| Tipo I | 010-VOR-08 | 0,70 | 0,30 |
| Tipo II | 055-VOR-26 | 0,49 | 0,51 |
| Tipo II | 055-VOR-27 | 0,53 | 0,47 |
| Tipo I | 055-VOR-29 | 0,68 | 0,32 |
| Tipo I | 055-VOR-29.2 | 0,73 | 0,27 |



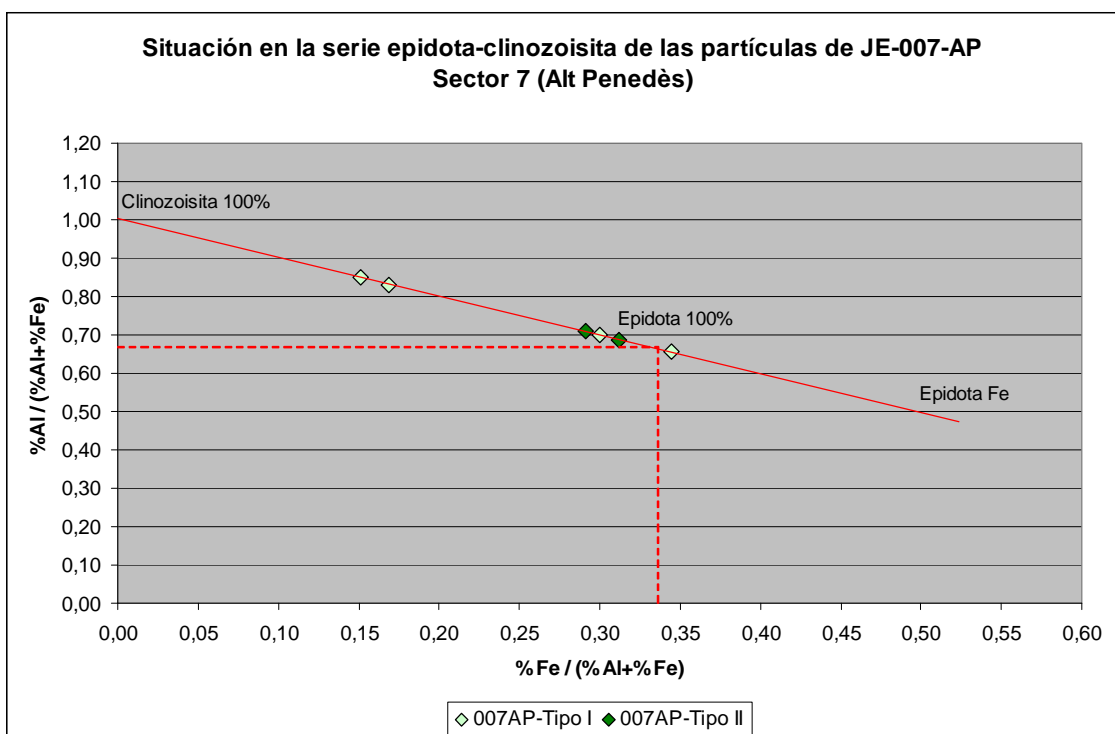
Partículas de JE-003-BLL - Olesa
 Sector 5 - (Baix Llobregat)
 Mioceno

| Tipo | Partícula | %Al / (%Al+%Fe) | %Fe / (%Al+%Fe) |
|---------|-----------|-----------------|-----------------|
| Tipo II | 003BLL-01 | 0,67 | 0,33 |
| Tipo II | 003BLL-02 | 0,65 | 0,35 |
| Tipo II | 003BLL-03 | 0,77 | 0,23 |
| Tipo II | 003BLL-04 | 0,59 | 0,41 |
| Tipo II | 003BLL-05 | 0,60 | 0,40 |
| Tipo II | 003BLL-06 | 0,62 | 0,38 |
| Tipo I | 003BLL-a | 0,81 | 0,19 |
| Tipo I | 003BLL-c | 0,82 | 0,18 |
| Tipo I | 003BLL-e | 0,83 | 0,17 |
| Tipo I | 003BLL-h | 0,75 | 0,25 |



Partículas de JE-007-AP - Pas de les Piles
 Sector 7 - (Alt Penedès))
 Mioceno

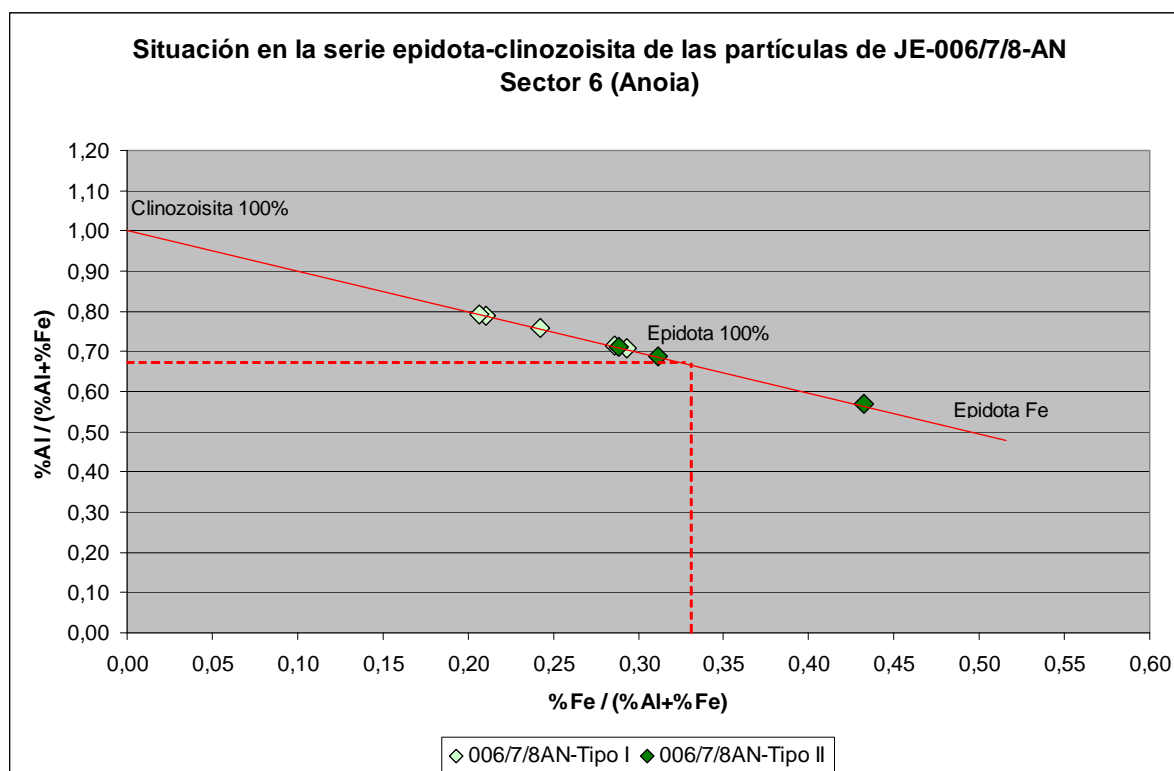
| Tipo | Partícula | %Al / (%Al+%Fe) | %Fe / (%Al+%Fe) |
|---------|-----------|-----------------|-----------------|
| Tipo I | 007AP-09 | 0,70 | 0,30 |
| Tipo I | 007AP-09a | 0,66 | 0,34 |
| Tipo I | 007AP-10 | 0,83 | 0,17 |
| Tipo I | 007AP-13 | 0,85 | 0,15 |
| Tipo II | 007AP-08 | 0,71 | 0,29 |
| Tipo II | 007AP-12 | 0,69 | 0,31 |



Partículas de: JE-006-AN - Terraza Badorc (Holoceno)
 JE-007-AN - Barranc de Can Mata (Mioceno)
 JE-008-AN - Barranc de Can Mata (Holoceno)

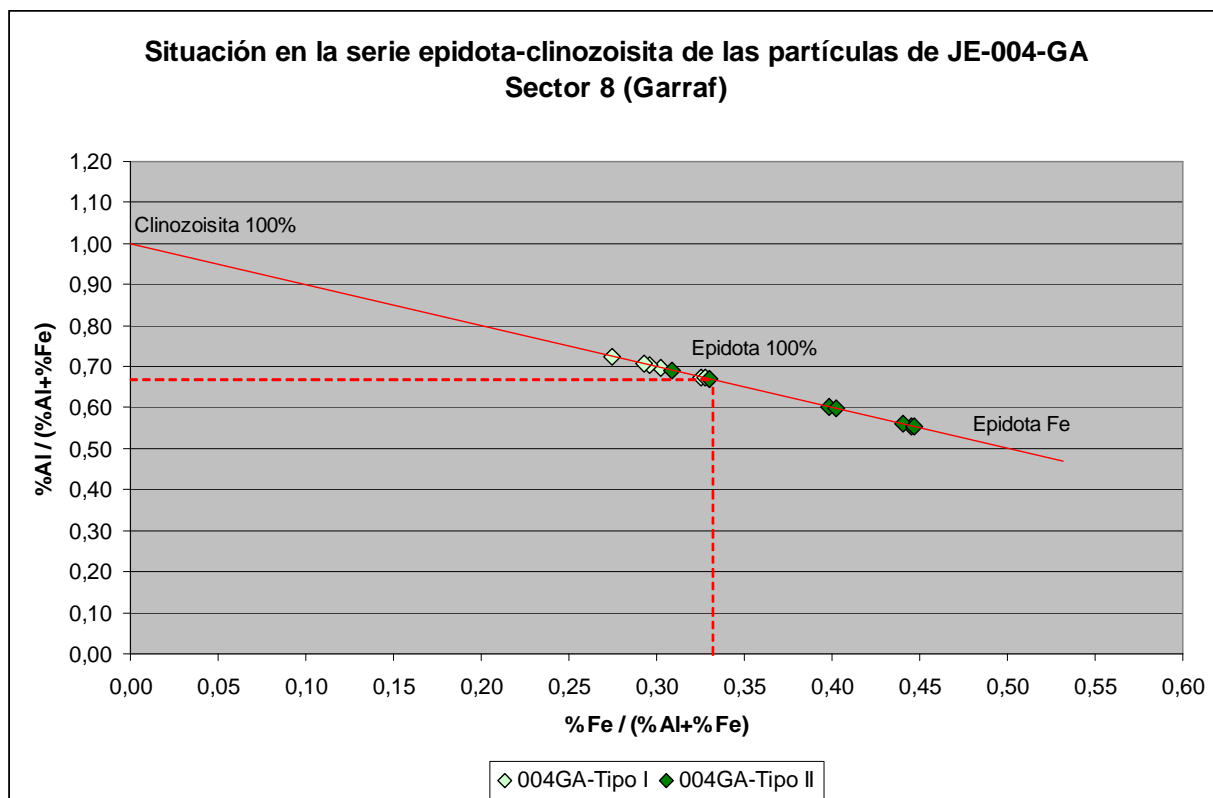
Sector 6 - (Anoia)

| Tipo | Partícula | %Al / (%Al+%Fe) | %Fe / (%Al+%Fe) |
|---------|-----------|-----------------|-----------------|
| Tipo I | 008AN-31 | 0,76 | 0,24 |
| Tipo I | 008AN-35 | 0,79 | 0,21 |
| Tipo II | 008AN-38 | 0,69 | 0,31 |
| Tipo II | 008AN-26 | 0,71 | 0,29 |
| Tipo II | 007AN-11 | 0,57 | 0,43 |
| Tipo I | 006AN-14 | 0,71 | 0,29 |
| Tipo I | 006AN-15 | 0,71 | 0,29 |
| Tipo I | 006AN-16 | 0,79 | 0,21 |



Partículas de JE-004-GA
 Sant Pere de Ribes
 Sílices Mestre - nivel 4
 Sector 8 - (Garraf)
 Mioceno

| Tipo | Partícula | %Al / (%Al+%Fe) | %Fe / (%Al+%Fe) |
|---------|-----------|-----------------|-----------------|
| Tipo I | 004GA-01 | 0,73 | 0,27 |
| Tipo I | 004GA-02 | 0,70 | 0,30 |
| Tipo I | 004GA-03 | 0,67 | 0,33 |
| Tipo I | 004GA-04 | 0,70 | 0,30 |
| Tipo I | 004GA-05 | 0,67 | 0,33 |
| Tipo I | 004GA-06 | 0,71 | 0,29 |
| Tipo II | 004GA-07 | 0,55 | 0,45 |
| Tipo II | 004GA-08 | 0,56 | 0,44 |
| Tipo II | 004GA-09 | 0,60 | 0,40 |
| Tipo II | 004GA-10 | 0,60 | 0,40 |
| Tipo II | 004GA-11 | 0,69 | 0,31 |
| Tipo II | 004GA-12 | 0,55 | 0,45 |
| Tipo II | 004GA-13 | 0,67 | 0,33 |

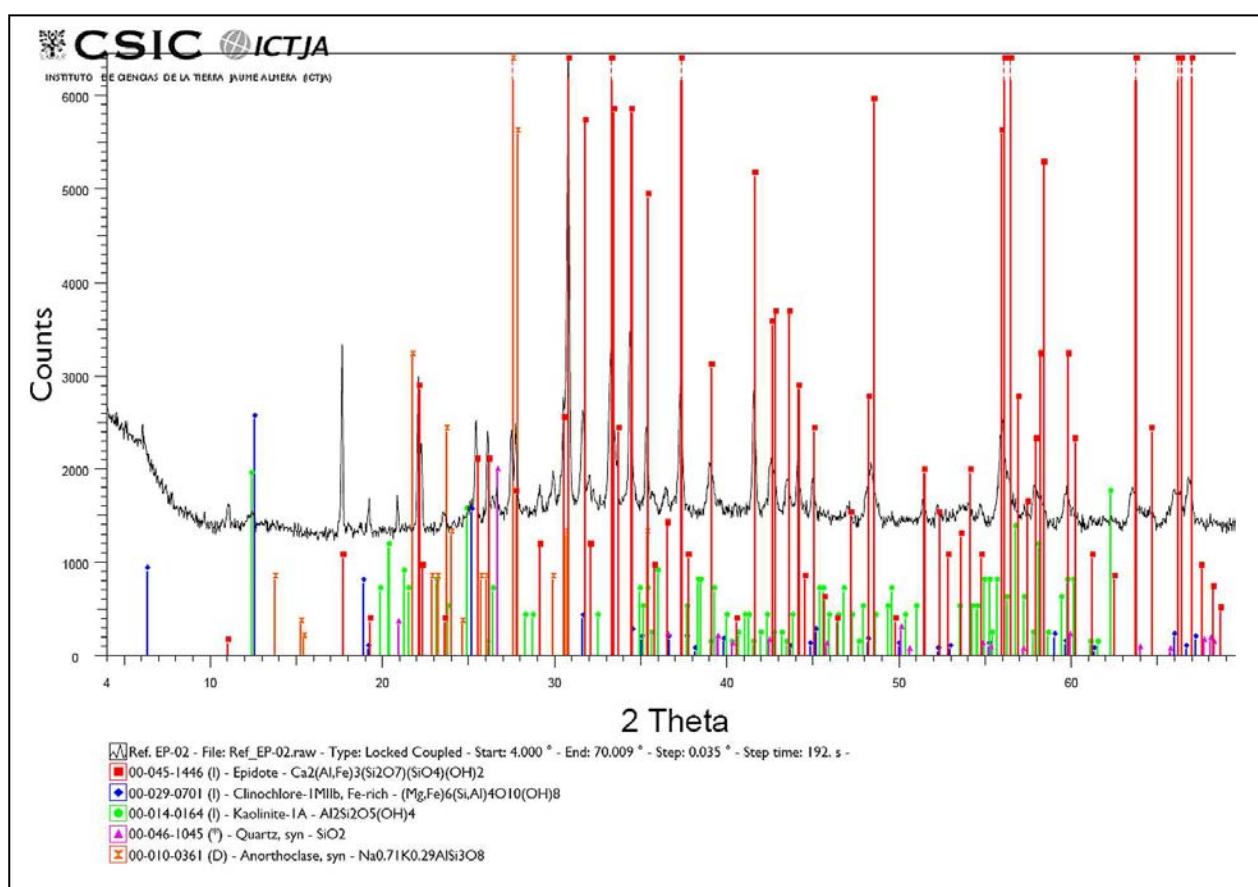


Identificación del clinocloro

En los análisis por DRX efectuados sobre grupos de partículas seleccionadas del Tipo II, correspondientes a afloramientos del sector 03 (Vallès Oriental), sector 07 (Alt Penedès) y sector 06 (Anoia), encontramos porcentajes apreciables de clinocloro (*difractograma: 3*).

Estas partículas, aunque aparentemente iguales a las del afloramiento SPR-01(muy rodadas), poseen un color más amarillento, las formas son más angulosas (menor transporte, el clinocloro es menos estable), por lo que es posible que ambos minerales, que no conforman serie alguna, estén asociados en la misma partícula dado su mismo ambiente de formación (*ver Fig. 4 - página xx*).

En los primeros análisis por EDS efectuados sobre partículas o secciones pulidas no se habían detectado por los bajos contenidos de magnesio (Mg) y las altas proporciones de calcio (Ca) que correspondían a la composición de la epidota, aunque con un exceso de hierro (Fe).



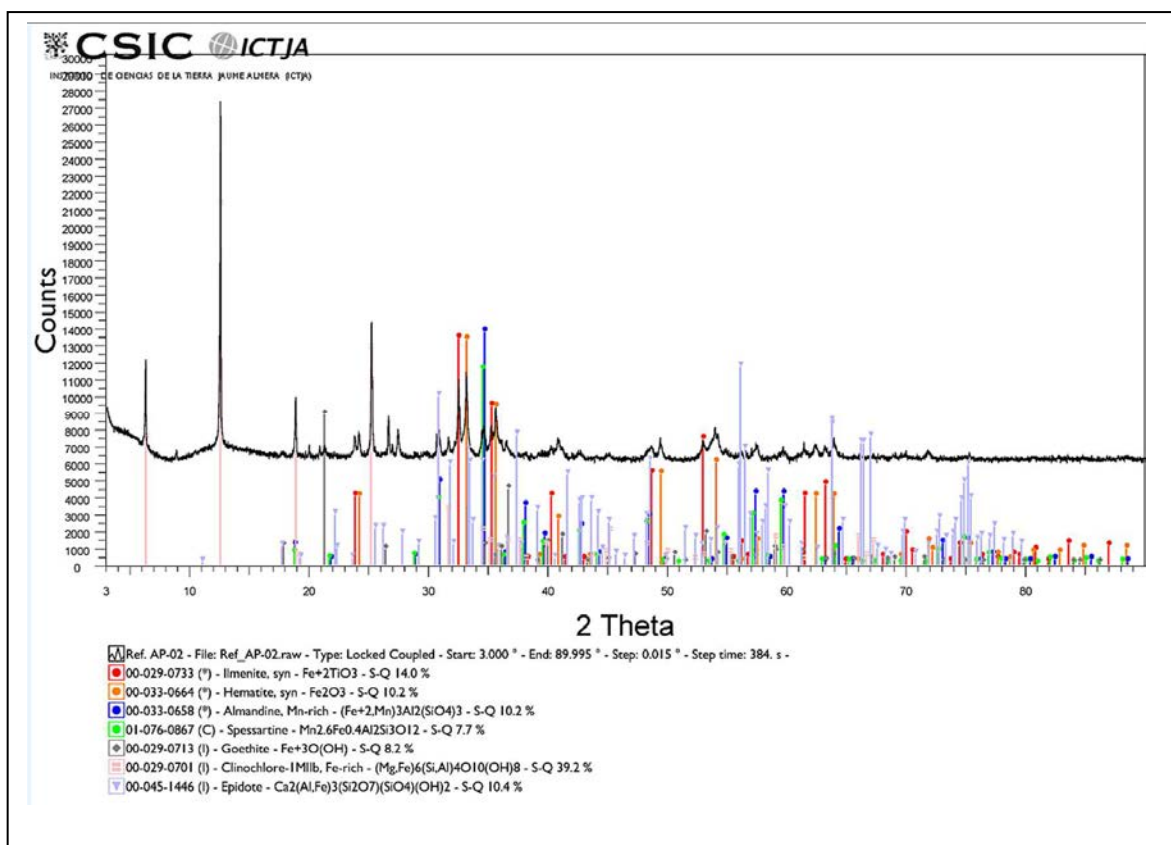
Difractograma 3: La selección de partículas Tipo II de la muestra EP-02 correspondiente al afloramiento JE-055-VOR (Malhivern-La Garriga), se compone mayoritariamente de epidota y clinocloro, con presencia de anortita, cuarzo y caolinita.

Se seleccionan nuevas partículas del afloramiento JE-055-VOR y del afloramiento JE-012-AP para procesarlas por EDS. Con algunas de ellas se han obtenido valores que se aproximan a la fórmula del clinocloro (*Tabla: 3*).

Los DRX semicuantitativos aplicados sobre muestras totales de las fracciones electromagnéticas desde 0,15 a 0,30 amperios del afloramiento JE-012-AP dan como resultado una proporción de clinocloro tres veces superior a la de epidota (*Difractograma: 4*).

Tabla 3: Valores analíticos EDS en A% de partículas correspondientes a los afloramientos JE-055-VOR y JE-012-AP.

| Elemento | 055VOR-48 | 055VOR-49 | 055VOR-51 | 012AP-24 |
|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| | A% | | | |
| O | 60,44 | 60,14 | 61,89 | 59,67 |
| Mg | 5,32 | 4,64 | 5,21 | 4,74 |
| Al | 9,49 | 6,84 | 7,50 | 6,76 |
| Si | 14,48 | 16,10 | 14,19 | 15,29 |
| K K | 0,53 | 0,70 | 0,80 | 3,75 |
| Ca | 0,45 | 1,65 | 0,76 | 2,27 |
| Ti | | 0,51 | | 0,86 |
| Mn | 0,13 | | 0,10 | 0,12 |
| Fe | 9,16 | 9,42 | 9,55 | 6,54 |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |



Diffractograma 4: En la totalidad de la fracción electromagnética de 0,15 a 0,30A de la muestra AP-02 correspondiente al afloramiento JE-012-AP (Pas de les Piles), se observa la proporción mayoritaria de clinocllore sobre la de epidota..

Conclusiones

La epidota Tipo I es minoritaria respecto a la de Tipo II.

El clinocllore es más abundante que ellas en las zonas más próximas a sus posibles áreas fuente.

En general asociados a un metamorfismo regional de bajo grado (facies de esquistos verdes) i/o de contacto (skarns). Las de Tipo I, también a rocas ígneas y pegmatitas.

Sería de interés efectuar unos análisis DRX, sobre muestras seriadas de este a oeste de la zona, para comprobar la variación de porcentajes en función de su proximidad a las áreas fuente.

4.1.8.-Estauroлита

Clasificación: Nesosilicatos

Fórmula química simple: $(\text{Fe, Mg, Zn})_2 \text{Al}_9 \text{Si}_4 \text{O}_{22} (\text{OH})_2$

Propiedades físicas y otras características generales de la especie:

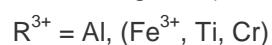
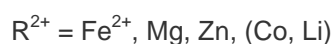
| | |
|-------------------------------------|---|
| Densidad | 3,65-3,77 |
| Dureza | 7 - 7,5 |
| Cristalografía | Monoclínico, pseudo-ortorrómbico |
| Formas | Cristales prismáticos, ocasionalmente equidimensionales |
| Fractura | Irregular a concoidea |
| Color | Pardo, pardo-amarillento, pardo-rojizo a negro |
| Diafanidad | Opaco a translúcido. Puede ser transparente en aluvión |
| Brillo | Resinoso a vítreo. Mate a terroso en ejemplares alterados |
| Inclusiones | Cuarzo, granate, turmalina, a veces carbonosas |
| Grado de estabilidad | Estable |
| Resistencia a la alteración química | Media |
| Capacidad de migración | Media |
| Susceptibilidad magnética | Atraíble en el separador Frantz (0,5 a 0,6 A) |
| Minerales asociados | Granate A, cianita, sillimanita, moscovita y turmalina |
| Origen | Metamorfismo regional de grado medio sobre rocas sedimentarias ricas en aluminio. En gneis, pizarras (filitas, micacitas) y esquistos cristalinos. En las aureolas de contacto de macizos graníticos. |

Composición química

La estauroлита está formada por capas de $\text{Al}_2 \text{Si O}_5$ con estructura idéntica a las de la distena, alternando con capas ferríferas de composición $\text{Al Fe}_2 \text{O}_2 (\text{OH})_2$. Esta analogía con la estructura de la distena hace que estos minerales crezcan con frecuencia en epitaxia. Los espacios del aluminio no están enteramente ocupados. Esto hace que la fórmula de la estauroлита sea algo complicada:



donde

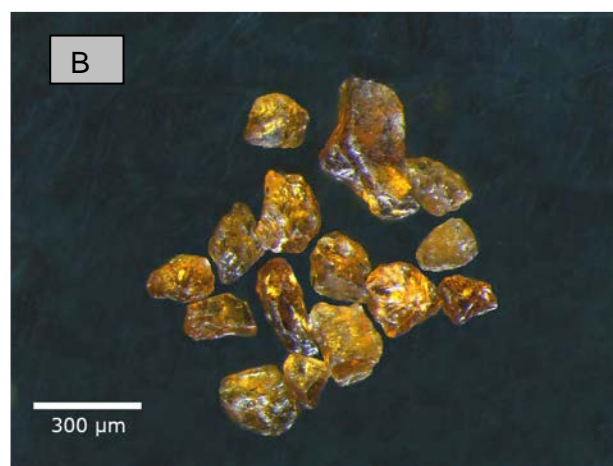


Composición química teórica: Peso molecular de la fórmula empírica dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos.

| Elemento | A% | | Ox% | óxido |
|-----------|--------|----|-------|--------------------------------|
| Litio | 0.09 | Li | 0.18 | Li ₂ O |
| Magnesio | 0.30 | Mg | 0.50 | MgO |
| Aluminio | 28.91 | Al | 54.63 | Al ₂ O ₃ |
| Hierro | 9.63 | Fe | 12.39 | FeO |
| Silicio | 13.49 | Si | 28.86 | SiO ₂ |
| Hidrógeno | 0.29 | H | 2.55 | H ₂ O |
| Oxígeno | 47.30 | O | | |
| Totales | 100.00 | | 99.11 | |

Propiedades físicas y otras características específicas de las partículas separadas de los sedimentos de la zona de estudio.

| | |
|---------------------------|--|
| Formas | Partículas xenomorfas irregulares, de subredondeadas a subangulosas. Alguna presenta tendencia subhédrica. (Fig.1: A-B-C). |
| Color | Del pardo amarillento claro al pardo-rojizo oscuro |
| Brillo | Resinoso a vítreo |
| Diafanidad | En general de transparente a translúcidas |
| Inclusiones | Carbonosas |
| Susceptibilidad magnética | Atraíbles en el separador Frantz (0,30 a 0,60 A) |
| Posibles áreas fuente | Aureolas de contacto de los granitos con los materiales paleozoicos. En pizarras (filitas y micacitas) y esquistos. |



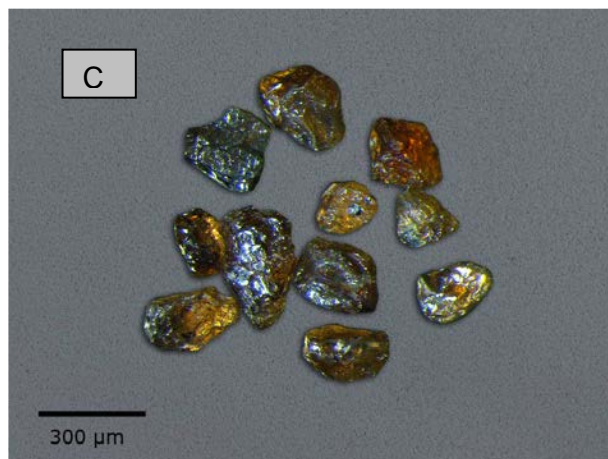
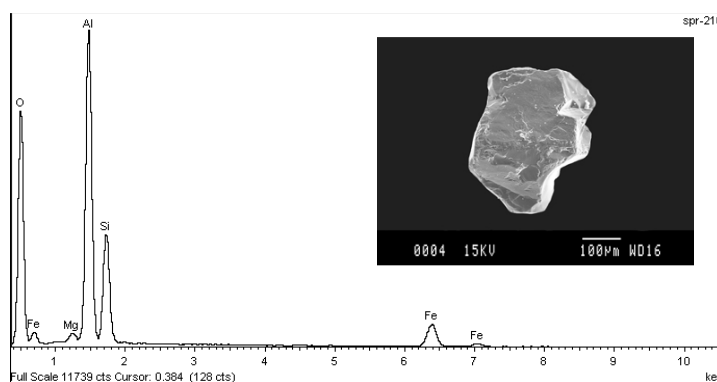


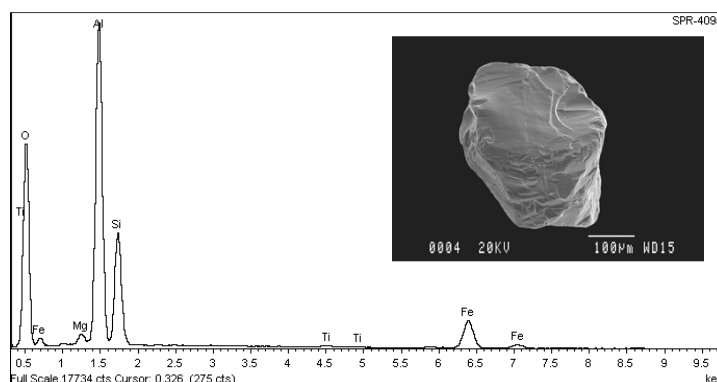
Figura 1: Partículas de estaurolita. (A) Muestra SPR-210 (B) Muestra SPR-409 (C) Muestra 01GA-04

Formas, análisis semicuantitativos y espectros EDS más característicos de las partículas obtenidas en la zona de estudio

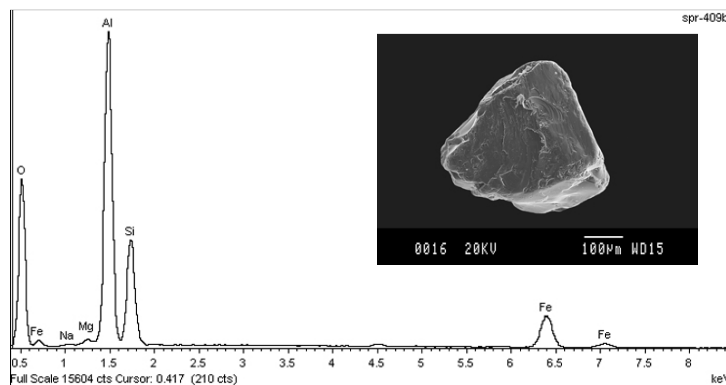
| Partícula SPR-210 (0.45A) | | | |
|---------------------------|--------|--------------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 55,95 | 0,20 | 70,16 |
| Mg K | 0,83 | 0,05 | 0,69 |
| Al K | 24,55 | 0,14 | 18,25 |
| Si K | 11,79 | 0,11 | 8,42 |
| Fe K | 6,88 | 0,11 | 2,47 |
| Totals | 100,00 | | |



| Partícula SPR-409a (0.30A) | | | |
|----------------------------|--------|--------------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 51,29 | 0,20 | 66,47 |
| Mg K | 0,99 | 0,04 | 0,84 |
| Al K | 26,08 | 0,13 | 20,05 |
| Si K | 12,50 | 0,10 | 9,23 |
| Ti K | 0,25 | 0,03 | 0,11 |
| Mn K | 0,32 | 0,04 | 0,12 |
| Fe K | 8,57 | 0,10 | 3,18 |
| Totals | 100.00 | | |



| Partícula SPR-409b (0,30A) | | | |
|----------------------------|--------|--------------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 47,49 | 0,20 | 63,31 |
| Na K | 0,25 | 0,05 | 0,23 |
| Mg K | 0,47 | 0,04 | 0,41 |
| Al K | 27,65 | 0,14 | 21,86 |
| Si K | 13,15 | 0,11 | 9,98 |
| Fe K | 11,00 | 0,12 | 4,20 |
| Totals | 100,00 | | |



Entre paréntesis junto al código de partícula se informa del rango de susceptibilidad magnética en el que ha sido atraída.

4.1.9.- Granates

Grupo mineralógico: Nesosilicatos

Los granates constituyen un grupo isoestructural, con notable uniformidad morfológica y unas propiedades físicas vinculadas a su gran diversidad de composición química.

Los granates responden a la fórmula química general: $A_3 B_2 (Si O_4)_3$

Con: A= Fe^{2+} , Mg, Mn^{2+} , Ca, (posibles trazas de Na)
B= Al^{3+} , Fe^{3+} , Cr^{3+} , Ti^{3+} (V, Mn^{3+} , Zr, Fe^{2+})

Los granates se dividen tradicionalmente en granates aluminicos y granates cálcicos. Estos dos grupos difieren no solamente por su composición química sino también por su paragénesis.

Los granates aluminicos (Piralspitas) comprenden los siguientes polos:

- Piropo... .. $Mg_3 Al_2 (SiO_4)_3$
- Almandino... $Fe^{2+}_3 Al_2 (SiO_4)_3$
- Spessartina... $Mn^{2+}_3 Al_2 (SiO_4)_3$

Los granates cálcicos (Ugranditas) se definen por la presencia de Ca dominante en el sitio A, siendo sus tres polos clásicos:

- Andradita $Ca_3 Fe^{3+}_2 (SiO_4)_3$
- Grossularia $Ca_3 Al_2 (SiO_4)_3$
- Uvarovita $Ca_3 Cr^{3+}_2 (SiO_4)_3$

Los miembros puros de cada serie son poco frecuentes, dándose múltiples sustituciones.

Como minerales pesados en nuestra zona de estudio hemos identificado con cierta abundancia granate almandino, spessartina y mayoritariamente grossularia. En menor cantidad andradita.

Composición química teórica de las variedades identificadas: Peso molecular de la fórmula empírica, dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos

GRANATE ALMANDINO

| | A% | | | Ox% | | |
|----------|--------|---|----|--------|---|-----------|
| Aluminio | 10,84 | % | Al | 20,49 | % | Al_2O_3 |
| Hierro | 33,66 | % | Fe | 43,30 | % | FeO |
| Silicio | 16,93 | % | Si | 36,21 | % | $Si O_2$ |
| Óxigeno | 38,57 | % | O | - | - | - |
| Totales | 100,00 | % | | 100,00 | % | |

GRANATE SPESSARTINA

| | A% | | | Ox% | | |
|-----------|--------|---|----|--------|---|-----------|
| Aluminio | 10,90 | % | Al | 20,60 | % | Al_2O_3 |
| Manganeso | 33,29 | % | Mn | 42,99 | % | MnO |
| Silicio | 17,02 | % | Si | 36,41 | % | $Si O_2$ |
| Óxigeno | 38,79 | % | O | - | - | - |
| Totales | 100,00 | % | | 100,00 | % | |

GRANATE GROSSULARIA

| | A% | | | Ox% | | |
|----------|--------|---|----|--------|---|--------------------------------|
| Aluminio | 11,98 | % | Al | 22,63 | % | Al ₂ O ₃ |
| Calcio | 26,69 | % | Ca | 37,35 | % | CaO |
| Silicio | 18,71 | % | Si | 40,02 | % | Si O ₂ |
| Óxigeno | 42,62 | % | O | - | - | - |
| Totales | 100,00 | % | | 100,00 | % | |

GRANATE ANDRADITA

| | A% | | | Ox% | | |
|---------|--------|---|----|--------|---|--------------------------------|
| Hierro | 21,98 | % | Fe | 31,42 | % | Fe ₂ O ₃ |
| Calcio | 23,66 | % | Ca | 33,11 | % | CaO |
| Silicio | 16,58 | % | Si | 35,47 | % | Si O ₂ |
| Óxigeno | 37,78 | % | O | - | - | - |
| Totales | 100,00 | % | | 100,00 | % | |

Análisis de granates correspondientes a algunas localidades tipo

| | 1 | | 2 | | 3 | | 4 | | | | | |
|----------------------|--------|---|--------------------------------|--------|-----|--------------------------------|--------|---|--------------------------------|--------|---|--------------------------------|
| | Ox% | | Ox% | | Ox% | | Ox% | | | | | |
| Silicio | 37,39 | % | Si O ₂ | 35,33 | % | Si O ₂ | 39,30 | % | Si O ₂ | 34,91 | % | Si O ₂ |
| Titanio | 0,16 | % | TiO ₂ | trazas | % | TiO ₂ | - | % | TiO ₂ | trazas | % | TiO ₂ |
| Aluminio | 20,72 | % | Al ₂ O ₃ | 21,50 | % | Al ₂ O ₃ | 21,93 | % | Al ₂ O ₃ | 0,69 | % | Al ₂ O ₃ |
| Hierro ³⁺ | 0,83 | % | Fe ₂ O ₃ | - | % | Fe ₂ O ₃ | 0,80 | % | Fe ₂ O ₃ | 30,40 | % | Fe ₂ O ₃ |
| Cromo | - | % | Cr ₂ O ₃ | - | % | Cr ₂ O ₃ | 0,13 | % | Cr ₂ O ₃ | - | % | Cr ₂ O ₃ |
| Hierro ²⁺ | 36,37 | % | FeO | trazas | % | FeO | 0,28 | % | FeO | - | % | FeO |
| Manganeso | 0,86 | % | MnO | 41,06 | % | MnO | - | % | MnO | - | % | MnO |
| Magnesio | 3,85 | % | MgO | trazas | % | MgO | trazas | % | MgO | 0,58 | % | MgO |
| Calcio | 0,41 | % | CaO | 1,02 | % | CaO | 37,10 | % | CaO | 33,20 | % | CaO |
| Hidrógeno | - | % | H ₂ O | 0,86 | % | H ₂ O | 0,30 | % | H ₂ O | 0,19 | % | H ₂ O |
| Totales | 100,59 | % | - | 99,77 | % | - | 99,84 | % | | 99,97 | % | |

1- Granate Almandino (Falun- Suiza); 2- Granate Spessartina (Kinko mine, Yamaguchi Prefatures-Japón); 3- Granate Grossularia (Georgetown, Placer Co., California-USA); 4- Granate Andradita (Rescovic stream, Serbia-Yugoslavia).

Propiedades físicas y otras características generales de las cuatro especies:

| Propiedades y características | ALMANDINO | SPESSARTINA | GROSSULARIA | ANDRADITA |
|-------------------------------------|---|--|--|--|
| Densidad | 4,09-4,32 | 4,18-4,19 | 3,42-3,72 | 3,7-4,01 |
| Dureza | 6,5 - 7,5 | | | |
| Cristalografía | Cúbicos | | | |
| Formas | Rombododecaedros y/o trapezoedros o combinaciones de ambos | | | |
| Fractura | subconcoidal | | | |
| Color | Rojizo a pardo | Anaranjado a amarillento, incluso blanquecino | Anaranjado a amarillento | Pardo anaranjado, amarillo, verde y negro |
| Diafanidad | Transparentes, translúcidos y opacos | | | |
| Brillo | Vítreo - Algunos resinoso | | | |
| Inclusiones | Abundan las transparentes y opacas de cuarzo, circón, apatito, rutilo, feldespatos, biotita y magnetita. | | | |
| Grado de estabilidad | Estables | | | |
| Resistencia a la alteración química | Alta | Alta | Baja | Baja |
| Capacidad de migración | Media | Media | Baja | Baja |
| Susceptibilidad magnética | Atraíbles en el separador Frantz (0,15 a 0,30A) | Atraíbles en el separador Frantz (0,15 a 0,60A) | Atraíbles en el separador Frantz (0,30 a 0,80A) | Atraíbles en el separador Frantz (0,15 a 0,30A) |
| | Valores variables en función de la composición química | | | |
| Minerales asociados | Andalucita, moscovita, biotita y circón. | Piroxenos, anfíboles, epidota calcita, pirita, calcopirita, magnetita. | Piroxenos, anfíboles, epidota calcita, pirita, calcopirita, magnetita. | Epidota, prehenita, augita, magnetita. |
| Origen | En micaesquistos granatíferos resultantes del metamorfismo regional de sedimentos arcillosos. También asociado a un metamorfismo de contacto de rocas pelíticas, y a rocas ígneas ácidas. | Asociada a pegmatitas graníticas o con rocas metamórficas ricas en manganeso(Mn) | Metamorfismo de contacto (tipo Skarn) de rocas plutónicas sobre rocas carbonatadas | Asociada a rocas metamórficas de contacto (tipo Skarn) |

Análisis y morfología de las partículas obtenidas en distintos afloramientos

De las 58 partículas seleccionadas para analizar por SEM/EDS 18 resultaron ser almandinos, 6 spessartinas, 30 grossularias y 5 andraditas..

Se exponen a continuación:

- Imágenes de partículas de cada una de las cuatro especies (Figs. 1-2-3-4)
- Espectros EDS e imágenes SEM de una selección representativa
- Métodos de cálculo utilizados para proceder a su clasificación.
- Propiedades físicas y características específicas de las obtenidas en la zona

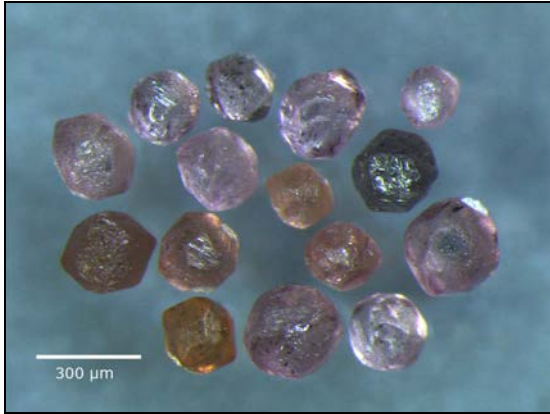


Fig.1: Formas sunhédricas. En color rosado y negro de granate almandino. En color marrón spessartina



Fig.2: Partículas redondeadas y subredondeadas de granate spessartina

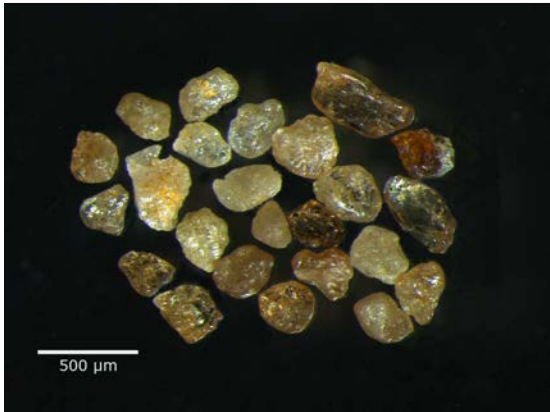


Fig.3: Partículas sunredondeadas y subangulosas de granate grossularia

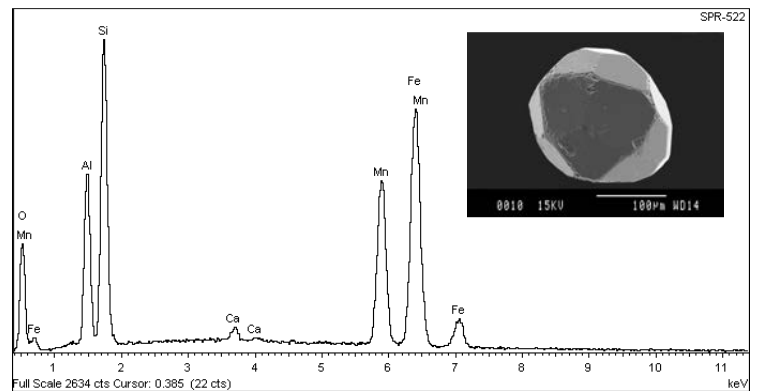


Fig.4: Partículas subredondeadas y subangulosas, (especialmente las más verdes) de andradita.

Análisis semicuantitativos, espectros EDS e imágenes SEM de algunas de las partículas seleccionadas como más representativas.

(Entre paréntesis al lado del código de la muestra se informa del rango de susceptibilidad magnética en el que ha sido atraída la partícula).

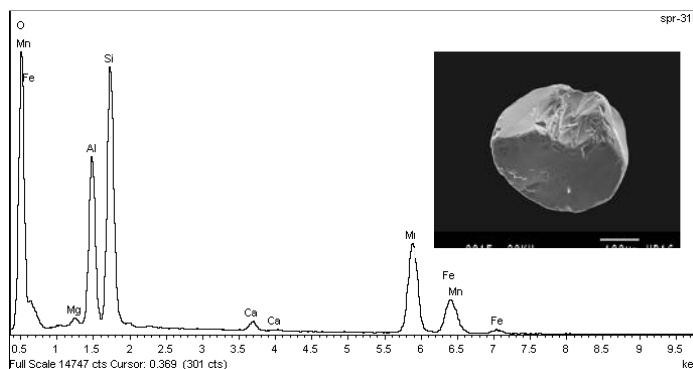
| Partícula SPR- 522 (0,15A) | | | |
|----------------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 14,38 | 0,33 | 30,58 |
| Al K | 9,90 | 0,16 | 12,49 |
| Si K | 17,24 | 0,20 | 20,89 |
| Ca K | 0,75 | 0,07 | 0,63 |
| Mn K | 22,33 | 0,26 | 13,84 |
| Fe K | 35,40 | 0,31 | 21,57 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula SPR-522 del afloramiento JE-004-GA (Granate almandino).

Partícula SPR-310 (0,15A)

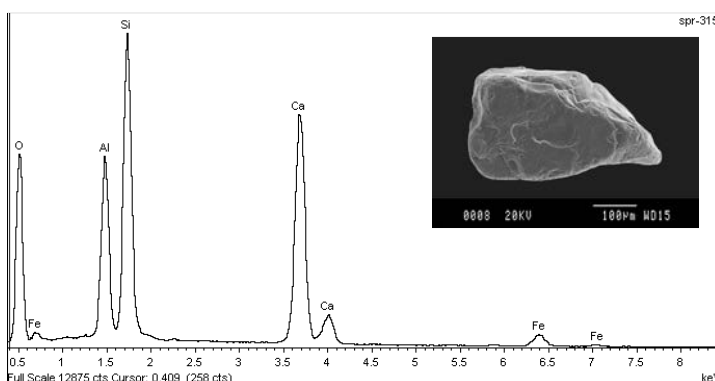
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 46,30 | 0,18 | 65,73 |
| Mg K | 0,64 | 0,05 | 0,60 |
| Al K | 10,87 | 0,08 | 9,15 |
| Si K | 17,73 | 0,10 | 14,34 |
| Ca K | 0,74 | 0,03 | 0,42 |
| Mn K | 17,41 | 0,12 | 7,20 |
| Fe K | 6,31 | 0,09 | 2,56 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula SPR-310 del afloramiento JE-004-GA (*Granate spessartina*).

Partícula SPR-315 (0,45A)

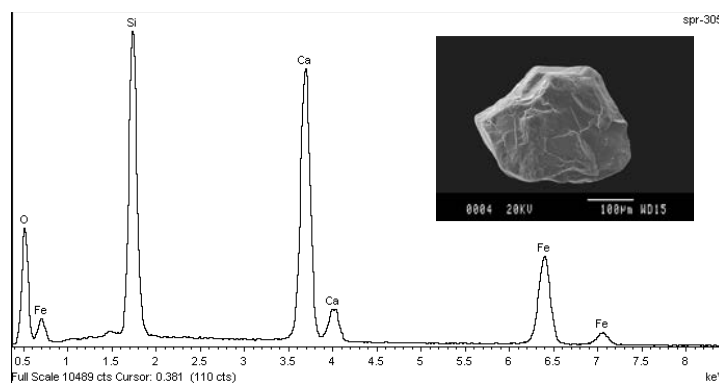
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 54,73 | 0,21 | 70,94 |
| Al K | 9,11 | 0,07 | 7,00 |
| Si K | 16,61 | 0,10 | 12,27 |
| CaK | 17,34 | 0,10 | 8,97 |
| Fe K | 2,21 | 0,06 | 0,82 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula SPR-315 del afloramiento JE-004-GA (*Granate grossularia*).

Partícula SPR-305 (0,15A)

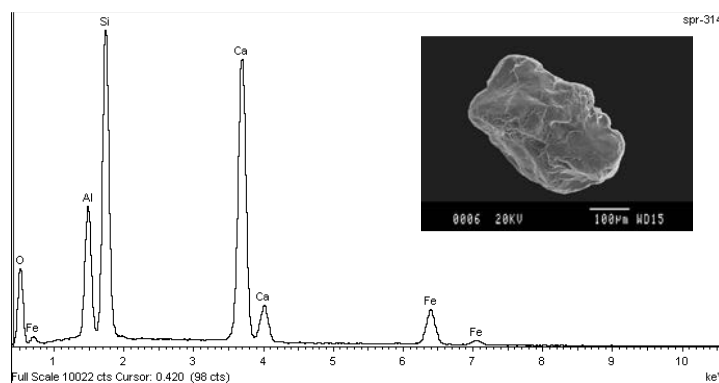
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 41,61 | 0,28 | 63,24 |
| CaK | 21,69 | 0,14 | 13,15 |
| Si K | 17,75 | 0,12 | 15,36 |
| Fe K | 18,95 | 0,16 | 8,25 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula SPR-305 del afloramiento JE-000-GA (*Granate andradita*).

Partícula SPR-314 (0,30A)

| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 36,80 | 0,33 | 55,60 |
| Al K | 8,24 | 0,09 | 7,38 |
| Si K | 20,57 | 0,15 | 17,70 |
| Ca K | 26,07 | 0,17 | 15,72 |
| Fe K | 8,32 | 0,12 | 3,60 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula SPR-314 del afloramiento JE-004-GA (*Granate grossularia*).

Procedimiento utilizado para el cálculo de las fórmulas estructurales

Aplicado a la partícula R12-06 que corresponde al afloramiento JE-038-VOR, a partir de los resultados analíticos obtenidos por EDS (Tabla 2-3-4).

Tabla 2: Valores obtenidos por EDS

| Partícula R12-06 (0,30A) | | | |
|--------------------------|--------|-------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% | A% |
| | | Sigma | |
| O K | 34,07 | 0,15 | 53,36 |
| Mg K | 2,72 | 0,04 | 2,80 |
| Al K | 11,04 | 0,06 | 10,25 |
| Si K | 19,33 | 0,07 | 17,24 |
| Ca K | 9,12 | 0,05 | 5,70 |
| Mn K | 1,06 | 0,04 | 0,48 |
| Fe K | 22,66 | 0,09 | 10,17 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |

Partimos con los valores obtenidos de A% y en base a la fórmula general $A_3 B_2 (SiO_4)_3$

Elementos en el sitio A = $Mg^{+2}, Fe^{+2}, Mn^{+2}, Ca^{+2}$
Elementos en el sitio B = Al^{+3}, Fe^{+3}

$$A/B = 2/3 = 1,5$$

$$Mg^{+2} + Fe^{+2} + Mn^{+2} + Ca^{+2} / Al^{+3} + Fe^{+3} = 1,5 \quad \boxed{(Fe^{+2} = X) \quad (Fe^{+3} = Y)}$$

$$2,8 + X + 0,48 + 5,70 / 10,25 + Y = 1,5$$

$$\text{Conocido } X + Y = 10,17 \longrightarrow X = 10,17 - Y$$

Se sustituye valor de X en la ecuación:

$$2,8 + (10,17 - Y) + 0,48 + 5,70 / 10,25 + Y = 1,5 \longrightarrow 2,57Y = 3,775 \longrightarrow \begin{matrix} Y (Fe^{+3}) = 1,51 \\ X (Fe^{+2}) = 10,17 - 1,51 = 8,66 \end{matrix}$$

Se reparten los valores A% del sitio A para obtener un total igual a 3 y los de B para un total igual a 2 (Tablas 3-4)

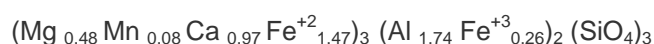
Tabla 3: Obtención valores de fórmula para sitio A

| Elemento | A% | | Valor fórmula | Valor resumido |
|-----------|-------|--|---------------|----------------|
| | | Reparto proporcional para A=3 → | | |
| Mg^{2+} | 2,80 | | 0,476 | 0,48 |
| Fe^{2+} | 8,66 | | 1,473 | 1,47 |
| Mn^{2+} | 0,48 | | 0,082 | 0,08 |
| Ca^{2+} | 5,70 | | 0,969 | 0,97 |
| Total | 17,64 | | 3,000 | 3,00 |

Tabla 4: Obtención valores de fórmula para sitio B

| Elemento | A% | Reparto proporcional para B=2 → | Valor fórmula | Valor resumido |
|------------------|-------|--|------------------|-------------------|
| Al ⁺³ | 10,25 | | 1,743 | 1,74 |
| Fe ⁺³ | 1,51 | | 0,257 | 0,26 |
| | | | | |
| Total | 11,76 | | 2,000 | 2,00 |

Fórmula general obtenida



Composición mineralógica de la partícula

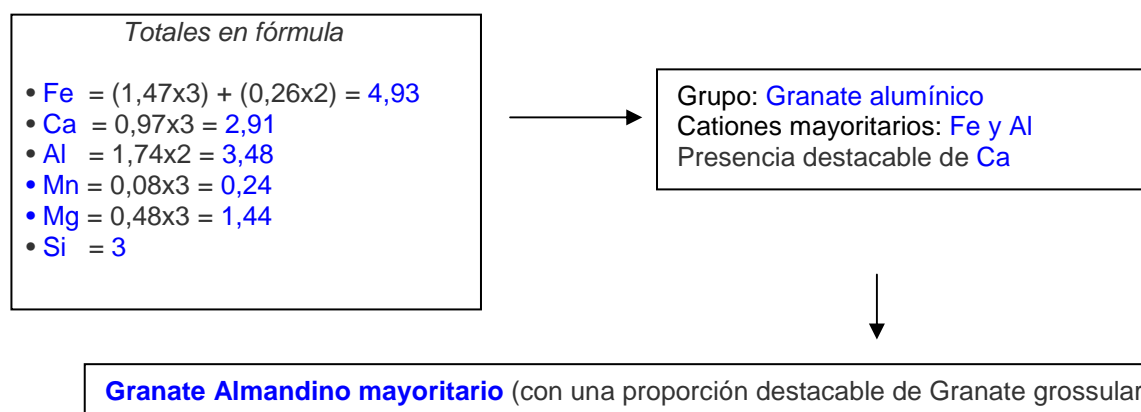


Tabla 5 - Análisis por EDS y reparto (Fe 2+ y Fe 3+), calculados como se indica en el apartado anterior

| Muestra | A% | | | | | | Separación Fe (A%) | |
|----------|------|-------|---------|-------|---------|--------------------|--------------------|-------|
| | Mg | Mn | Ca (Na) | Al | Cr / Ti | Fe(+2) + Fe(+3) | Fe +3 | Fe +2 |
| R12-06 | 2,80 | 0,48 | 5,70 | 10,25 | 0,00 | 10,17 | 1,51 | 8,66 |
| R12-08 | 7,73 | 0,20 | 2,33 | 9,61 | 0,11 | 4,83 | 0,27 | 4,56 |
| VOC-505 | 1,44 | 2,90 | 0,18 | 10,48 | 0,00 | 12,45 | 0,50 | 11,95 |
| SPR-522 | 0,00 | 13,84 | 0,63 | 12,49 | 0,00 | 21,57 | 6,92 | 14,65 |
| SPR-524 | 0,00 | 6,83 | 0,80 | 10,98 | 0,00 | 10,45 | 0,64 | 9,81 |
| SPR-308 | 1,52 | 9,16 | 1,08 | 12,64 | 0,00 | 9,88 | 1,07 | 8,81 |
| SPR-714 | 0,00 | 12,15 | 0,00 | 11,57 | 0,00 | 18,18 | 5,19 | 12,99 |
| SPR-717 | 0,00 | 13,61 | 1,28 | 10,70 | 0,00 | 13,09 | 4,77 | 8,32 |
| SPR-004 | 0,00 | 0,86 | 13,43 | 7,26 | 0,36 | 3,38 | 2,71 | 0,67 |
| SPR-314 | 0,00 | 0,00 | 15,72 | 7,38 | 0,00 | 3,60 | 3,30 | 0,30 |
| SPR-316 | 0,00 | 0,00 | 14,91 | 8,69 | 0,00 | 1,83 | 1,48 | 0,35 |
| P01-D1 | 0,00 | 0,00 | 14,96 | 7,91 | 0,00 | 3,23 | 2,53 | 0,70 |
| P01-B1 | 0,00 | 0,25 | 11,74 | 7,55 | 0,00 | 2,38 | 1,22 | 1,16 |
| SPR-504b | 0,00 | 0,00 | 26,13 | 0,00 | 0,00 | 19,53 | 18,26 | 1,27 |
| SPR-716 | 0,00 | 0,00 | 13,85 | 0,69 | 0,59 | 10,50 | 9,33 | 1,17 |
| P01-B4 | 0,00 | 0,20 | 17,99 | 9,05 | 0,00 | 4,40 | 3,61 | 0,79 |
| SPR-306 | 0,00 | 0,00 | 20,90 | 0,51 | 0,00 | 13,66 | 13,52 | 0,14 |
| VP-20 | 0,00 | 0,00 | 10,76 | 7,92 | 0,00 | 1,79 | 0,27 | 1,52 |

Relación y resultados de las partículas analizadas por EDS (Fe 2+ y Fe 3+), calculados como se indica en el apartado anterior. **(Continuación)**

| Muestra | A% | | | | | | Separación Fe (A%) | |
|----------|------|-------|---------|-------|---------|-----------------|--------------------|-------|
| | Mg | Mn | Ca (Na) | Al | Cr / Ti | Fe(+2) + Fe(+3) | Fe +3 | Fe +2 |
| VP-28 | 0,00 | 0,00 | 30,57 | 13,38 | 0,00 | 21,18 | 12,67 | 8,51 |
| 04VOR-07 | 4,43 | 1,22 | 1,09 | 15,22 | 0,00 | 37,59 | 8,60 | 28,99 |
| 07AP-01 | 0,00 | 17,25 | 0,00 | 15,76 | 0,00 | 17,42 | 4,41 | 13,01 |
| 07AP-03 | 0,00 | 0,00 | 7,97 | 0,69 | 0,00 | 4,83 | 4,71 | 0,12 |
| 07AP-16 | 0,00 | 0,00 | 15,72 | 9,80 | 0,53 | 1,81 | 1,13 | 0,68 |
| 04VOR-20 | 0,19 | 0,00 | 12,23 | 7,69 | 0,11 | 2,76 | 1,46 | 1,30 |
| 07AN-21 | 0,00 | 0,00 | 14,23 | 8,98 | 0,48 | 1,14 | 0,76 | 0,38 |
| 08AN-27 | 1,12 | 0,00 | 6,53 | 6,13 | 0,77 | 4,64 | 1,24 | 3,40 |
| 08AN-27b | 1,30 | 0,00 | 9,32 | 7,77 | 0,00 | 1,31 | 0,11 | 1,20 |
| 08AN-37 | 0,00 | 0,90 | 11,97 | 8,71 | 0,00 | 2,41 | 0,89 | 1,52 |
| 08AN-28 | 0,00 | 0,00 | 15,41 | 4,03 | 0,15 | 6,55 | 6,37 | 0,18 |
| D01-22 | 0,67 | 0,00 | 15,69 | 7,73 | 0,19 | 3,38 | 3,26 | 0,12 |

Tabla 6 - Valores calculados para cada elemento de la fórmula estructural

| Partícula | Mg (fórmula) | Fe 2+ (fórmula) | Mn (fórmula) | Ca (fórmula) | Al (fórmula) | Ti/Cr (fórmula) | Fe 3+ (fórmula) |
|-----------|-----------------|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--------------------|
| R12-06 | 0,48 | 1,47 | 0,08 | 0,97 | 1,74 | 0,00 | 0,26 |
| R12-08 | 1,56 | 0,92 | 0,04 | 0,47 | 1,92 | 0,02 | 0,05 |
| VOC-505 | 0,26 | 2,18 | 0,53 | 0,03 | 1,91 | 0,00 | 0,09 |
| SPR-522 | 0,00 | 1,51 | 1,43 | 0,06 | 1,29 | 0,00 | 0,71 |
| SPR-524 | 0,00 | 1,69 | 1,18 | 0,14 | 1,89 | 0,00 | 0,11 |
| SPR-308 | 0,22 | 1,28 | 1,34 | 0,16 | 1,84 | 0,00 | 0,16 |
| SPR-714 | 0,00 | 1,55 | 1,45 | 0,00 | 1,38 | 0,00 | 0,62 |
| SPR-717 | 0,00 | 1,08 | 1,76 | 0,17 | 1,38 | 0,00 | 0,62 |
| SPR-004 | 0,00 | 0,27 | 0,06 | 2,68 | 1,72 | 0,00 | 0,28 |
| SPR-314 | 0,00 | 0,06 | 0,00 | 2,94 | 1,38 | 0,00 | 0,62 |
| SPR-316 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 2,93 | 1,71 | 0,00 | 0,29 |
| P01-D1 | 0,00 | 0,13 | 0,00 | 2,87 | 1,52 | 0,00 | 0,48 |
| P01-B1 | 0,00 | 0,27 | 0,06 | 2,68 | 1,72 | 0,00 | 0,28 |
| SPR-504b | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 2,86 | 0,00 | 0,00 | 2,00 |
| SPR-716 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 2,77 | 0,13 | 0,11 | 1,76 |
| P01-B4 | 0,00 | 0,13 | 0,03 | 2,84 | 1,43 | 0,00 | 0,57 |
| SPR-306 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 2,98 | 0,07 | 0,00 | 1,93 |
| VP-20 | 0,00 | 0,37 | 0,00 | 2,63 | 1,93 | 0,00 | 0,07 |
| VP-28 | 0,00 | 0,65 | 0,00 | 2,35 | 1,03 | 0,00 | 0,97 |
| 4VOR-07 | 0,37 | 2,43 | 0,10 | 0,09 | 1,28 | 0,00 | 0,72 |
| 07AP-01 | 0,00 | 1,29 | 1,71 | 0,00 | 1,56 | 0,00 | 0,44 |
| 07AP-03 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 2,95 | 0,26 | 0,00 | 1,74 |
| 7AP-16 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 2,88 | 1,71 | 0,09 | 0,20 |
| 04VOR-20 | 0,04 | 0,28 | 0,00 | 2,67 | 1,66 | 0,02 | 0,31 |
| 07AN-21 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 2,92 | 1,76 | 0,09 | 0,15 |
| 08AN-27b | 0,30 | 0,92 | 0,00 | 1,77 | 1,51 | 0,19 | 0,30 |
| 08AN-27 | 0,33 | 0,30 | 0,00 | 2,37 | 1,97 | 0,00 | 0,03 |
| 08AN-37 | 0,00 | 0,32 | 0,19 | 2,49 | 1,82 | 0,00 | 0,18 |
| 08AN-28 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 2,96 | 0,76 | 0,03 | 1,21 |
| D01-22 | 0,12 | 0,02 | 0,00 | 2,86 | 1,38 | 0,03 | 0,58 |

Tabla 7 - Totales por elemento para cada partícula analizada

| Partícula | Fe TOTAL | Ca TOTAL | Al TOTAL | Mn TOTAL | Mg TOTAL | Ti/Cr TOTAL |
|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------------|
| R12-06 | 4,93 | 2,91 | 3,49 | 0,24 | 1,43 | 0,00 |
| R12-08 | 2,88 | 1,41 | 3,85 | 0,12 | 4,69 | 0,04 |
| VOC-505 | 6,71 | 0,10 | 3,82 | 1,58 | 0,79 | 0,00 |
| SPR-522 | 5,95 | 0,19 | 2,57 | 4,28 | 0,00 | 0,00 |
| SPR-524 | 5,28 | 0,41 | 3,78 | 3,53 | 0,00 | 0,00 |
| SPR-308 | 4,17 | 0,47 | 3,69 | 4,01 | 0,67 | 0,00 |
| SPR-714 | 5,89 | 0,00 | 2,76 | 4,35 | 0,00 | 0,00 |
| SPR-717 | 4,46 | 0,50 | 2,77 | 5,28 | 0,00 | 0,00 |
| SPR-004 | 1,45 | 8,08 | 2,81 | 0,52 | 0,00 | 0,14 |
| SPR-314 | 1,40 | 8,83 | 2,76 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| SPR-316 | 0,79 | 8,79 | 3,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| P01-D1 | 1,37 | 8,60 | 3,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| P01-B1 | 1,35 | 8,03 | 3,44 | 0,17 | 0,00 | 0,00 |
| SPR-504b | 4,42 | 8,58 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| SPR-716 | 4,22 | 8,30 | 0,26 | 0,00 | 0,00 | 0,22 |
| P01-B4 | 1,52 | 8,53 | 2,86 | 0,09 | 0,00 | 0,00 |
| SPR-306 | 3,92 | 8,94 | 0,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| VP-20 | 1,25 | 7,88 | 3,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| VP-28 | 3,91 | 7,04 | 2,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 04VOR-07 | 8,75 | 0,27 | 2,56 | 0,31 | 1,12 | 0,00 |
| 07AP-01 | 4,74 | 0,00 | 3,13 | 5,13 | 0,00 | 0,00 |
| 07AP-03 | 3,63 | 8,86 | 0,51 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 07AP-16 | 0,77 | 8,63 | 3,42 | 0,00 | 0,00 | 0,18 |
| 04VOR-20 | 1,48 | 8,02 | 3,32 | 0,00 | 0,12 | 0,05 |
| 07AN-21 | 0,53 | 8,77 | 3,51 | 0,00 | 0,00 | 0,19 |
| 08AN-27 | 3,38 | 5,32 | 3,01 | 0,00 | 0,91 | 0,38 |
| 08AN-27b | 0,97 | 7,10 | 3,94 | 0,00 | 0,99 | 0,00 |
| 8AN-37 | 1,32 | 7,48 | 3,63 | 0,56 | 0,00 | 0,00 |
| 8AN-28 | 2,52 | 8,89 | 1,53 | 0,00 | 0,00 | 0,06 |
| D01-22 | 1,23 | 8,57 | 2,77 | 0,00 | 0,37 | 0,07 |

Con los valores reflejados en las tablas anteriores se confecciona la Tabla 8 donde en función del predominio de cada catión en los sitios A y B se determina la composición mineralógica de la partícula sometida a estudio.

La composición química es muy variable dentro de la fórmula general, particularidad observable además en una misma partícula si su aspecto es marcadamente zonal.

En general los términos puros son raros, siendo los más habituales los de mezcla isomorfa entre los granates de los dos grupos (aluminicos y cálcicos).

Tabla 8: Fórmulas estructurales obtenidas y composición mineralógica de la partícula

| Partícula | Fórmulas y totales de elementos | Grupo - Mineral |
|-----------|--|---|
| R12-06 | $(\text{Mg}_{0,48} \text{Mn}_{0,08} \text{Ca}_{0,97} \text{Fe}^{+2}_{1,47})_3 (\text{Al}_{1,74} \text{Fe}^{+3}_{0,26})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granates aluminicos ALMANDINO con Grossularia |
| | Mg=1,44; Mn=0,24; Fe=4,93; Al=3,49; Ca=2,91 | |
| R12-08 | $(\text{Mg}_{1,56} \text{Mn}_{0,04} \text{Ca}_{0,47} \text{Fe}^{+2}_{0,92})_3 (\text{Al}_{1,93} \text{Fe}^{+3}_{0,05} \text{Ti}^{+3}_{0,02})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granates aluminicos PIROPO con Almandino |
| | Mg=4,69; Mn=0,12; Fe=2,88; Al=3,85; Ca=1,41; Ti=0,04 | |
| VOC-505 | $(\text{Mg}_{0,26} \text{Mn}_{0,53} \text{Ca}_{0,03} \text{Fe}^{+2}_{2,18})_3 (\text{Al}_{1,91} \text{Fe}^{+3}_{0,09})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granates aluminicos ALMANDINO con Spessartina |
| | Mg=0,79; Mn=1,58; Fe=6,71; Al=3,82; Ca=0,10 | |
| SPR-522 | $(\text{Mn}_{1,43} \text{Ca}_{0,06} \text{Fe}^{+2}_{1,51})_3 (\text{Al}_{1,29} \text{Fe}^{+3}_{0,71})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granates aluminicos ALMANDINO y SPESSARTINA |
| | Mn=4,28; Fe=5,95; Al=2,57; Ca=0,19 | |
| SPR-524 | $(\text{Mn}_{1,18} \text{Ca}_{0,14} \text{Fe}^{+2}_{1,69})_3 (\text{Al}_{1,89} \text{Fe}^{+3}_{0,11})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granates aluminicos ALMANDINO y SPESSARTINA |
| | Mn=3,53; Fe=5,28; Al=3,78; Ca=0,41 | |
| SPR-308 | $(\text{Mg}_{0,22} \text{Mn}_{1,34} \text{Ca}_{0,16} \text{Fe}^{+2}_{1,28})_3 (\text{Al}_{1,84} \text{Fe}^{+3}_{0,16})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granates aluminicos ALMANDINO y SPESSARTINA |
| | Mg=0,67; Mn=4,01; Fe=4,17; Al=3,69; Ca=0,47 | |
| SPR-714 | $(\text{Mn}_{1,45} \text{Fe}^{+2}_{1,55})_3 (\text{Al}_{1,38} \text{Fe}^{+3}_{0,62})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granates aluminicos ALMANDINO y SPESSARTINA |
| | Mn=4,35; Fe=5,89; Al=2,76 | |
| SPR-717 | $(\text{Mn}_{1,76} \text{Ca}_{0,17} \text{Fe}^{+2}_{1,08})_3 (\text{Al}_{1,38} \text{Fe}^{+3}_{0,62})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granates aluminicos SPESSARTINA y ALMANDINO |
| | Mn=5,28; Fe=4,46; Al=2,77; Ca=0,50 | |
| SPR-004 | $(\text{Mn}_{0,06} \text{Ca}_{2,68} \text{Fe}^{+2}_{0,27})_3 (\text{Al}_{1,72} \text{Fe}^{+3}_{0,28})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA y Almandino |
| | Mn=0,52; Fe=1,45; Al=2,81; Ca=8,08; Ti=0,14 | |
| SPR-314 | $(\text{Ca}_{2,94} \text{Fe}^{+2}_{0,06})_3 (\text{Al}_{1,38} \text{Fe}^{+3}_{0,62})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA |
| | Fe=1,40; Al=2,76; Ca=8,83 | |
| SPR-316 | $(\text{Ca}_{2,93} \text{Fe}^{+2}_{0,07})_3 (\text{Al}_{1,71} \text{Fe}^{+3}_{0,29})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA |
| | Fe=0,79; Al=3,42; Ca=8,79 | |
| P01-D1 | $(\text{Ca}_{2,87} \text{Fe}^{+2}_{0,13})_3 (\text{Al}_{1,52} \text{Fe}^{+3}_{0,48})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA |
| | Fe=1,37; Al=3,03; Ca=8,60 | |
| P01-B1 | $(\text{Mn}_{0,06} \text{Ca}_{2,68} \text{Fe}^{+2}_{0,27})_3 (\text{Al}_{1,72} \text{Fe}^{+3}_{0,28})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA |
| | Mn=0,17; Fe=1,35; Al=3,44; Ca=8,03 | |
| SPR-504b | $(\text{Ca}_{2,86} \text{Fe}^{+2}_{0,14})_3 (\text{Fe}^{+3})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granate cálcico ANDRADITA |
| | Fe=4,42; Ca=8,58 | |
| SPR-716 | $(\text{Ca}_{2,77} \text{Fe}^{+2}_{0,23})_3 (\text{Al}_{0,13} \text{Fe}^{+3}_{1,76} \text{Cr}^{+3}_{0,11})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granate cálcico ANDRADITA con trazas de Cr |
| | Fe=4,22; Al=0,26; Ca=8,30; Cr=0,22 | |
| P01-B4 | $(\text{Mn}_{0,03} \text{Ca}_{2,84} \text{Fe}^{+2}_{0,13})_3 (\text{Al}_{2,86} \text{Fe}^{+3}_{0,57})_2 (\text{SiO}_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA y Andradita |
| | Mn=0,09; Fe=1,52; Al=2,86; Ca=8,53 | |

Tabla 8: Fórmulas estructurales obtenidas y composición mineralógica de la partícula
(Continuación)

| Partícula | Fórmulas y totales de elementos | Grupo - Mineral |
|-----------|--|---|
| SPR-306 | $(Ca_{2,98} Fe^{+2}_{0,02})_3 (Al_{0,07} Fe^{+3}_{1,93})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico ANDRADITA |
| | Fe=3,92; Al=0,15; Ca=8,94 | |
| VP-20 | $(Ca_{2,63} Fe^{+2}_{0,37})_3 (Al_{1,93} Fe^{+3}_{0,07})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA |
| | Fe=1,25; Al=3,87; Ca=7,88 | |
| VP-28 | $(Ca_{2,35} Fe^{+2}_{0,65})_3 (Al_{1,03} Fe^{+3}_{0,97})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico ANDRADITA y Grossularia |
| | Fe=3,91; Al=2,05; Ca=7,04 | |
| 04VOR-07 | $(Mg_{0,37} Mn_{0,10} Ca_{0,09} Fe^{+2}_{2,43})_3 (Al_{1,28} Fe^{+3}_{0,72})_2 (SiO_4)_3$ | Granates aluminicos ALMANDINO |
| | Mg=1,12 Mn=0,31; Fe=8,75; Al=2,56; Ca=0,27 | |
| 07AP-01 | $(Mn_{1,71} Fe^{+2}_{1,29})_3 (Al_{1,56} Fe^{+3}_{0,44})_2 (SiO_4)_3$ | Granates aluminicos SPESSARTINA Y ALMANDINO |
| | Mn=5,13; Fe=4,74; Al=3,13 | |
| 07AP-03 | $(Ca_{2,95} Fe^{+2}_{0,05})_3 (Al_{0,26} Fe^{+3}_{1,74})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico ANDRADITA |
| | Fe=3,63; Al=0,51; Ca=8,86 | |
| 07AP-16 | $(Ca_{2,88} Fe^{+2}_{0,12})_3 (Al_{1,71} Fe^{+3}_{0,20} Ti^{+3}_{0,09})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA con trazas de Ti |
| | Fe=0,77; Al=3,42; Ca=8,63; Ti=0,18 | |
| 04VOR-20 | $(Mg_{0,04} Ca_{2,68} Fe^{+2}_{0,28})_3 (Al_{1,67} Fe^{+3}_{0,31} Ti^{+3}_{0,02})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA y Andradita |
| | Mg=0,12; Fe=1,48; Al=3,32; Ca=8,02; Ti=0,05 | |
| 07AN-21 | $(Ca_{2,92} Fe^{+2}_{0,08})_3 (Al_{1,76} Fe^{+3}_{0,15} Ti^{+3}_{0,09})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA con trazas de Ti |
| | Fe=0,53; Al=3,51; Ca=8,77; Ti=0,19 | |
| 08AN-27 | $(Mg_{0,30} Ca_{1,78} Fe^{+2}_{0,92})_3 (Al_{1,51} Fe^{+3}_{0,30} Cr_{0,19})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico ANDRADITA y Grossularia con trazas de Cr |
| | Mg=0,91; Fe=3,38; Al=3,01; Ca=5,32; Cr=0,38 | |
| 08AN-27b | $(Mg_{0,33} Ca_{2,37} Fe^{+2}_{0,30})_3 (Al_{1,97} Fe^{+3}_{0,03})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA |
| | Mg=0,99; Fe=0,97; Al=3,94; Ca=7,10 | |
| 08AN-37 | $(Mn_{0,19} Ca_{2,49} Fe^{+2}_{0,32})_3 (Al_{1,82} Fe^{+3}_{0,18})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA y Andradita |
| | Mn=0,56; Fe=1,32; Al=3,63; Ca=7,48 | |
| 08AN-28 | $(Ca_{2,96} Fe^{+2}_{0,04})_3 (Al_{0,76} Fe^{+3}_{1,21} Ti^{+3}_{0,03})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico ANDRADITA y Grossularia |
| | Fe=2,52; Al=1,53; Ca=8,89; Ti=0,06 | |
| D01-22 | $(Mg_{0,12} Ca_{2,86} Fe^{+2}_{0,02})_3 (Al_{1,38} Fe^{+3}_{0,58} Ti^{+3}_{0,03})_2 (SiO_4)_3$ | Granate cálcico GROSSULARIA y Andradita |
| | Mg=0,37; Fe=1,23; Al=2,77; Ca=8,57; Ti=0,07 | |

Resumen de las propiedades físicas y características específicas de las partículas separadas de los sedimentos de la zona de estudio

| Propiedades y características | ALMANDINO | SPESSARTINA | GROSSULARIA | ANDRADITA |
|-------------------------------|---|--|--|--|
| Formas | Rombododecaedros y/o trapezoedros o combinaciones de ambos. Con mayor abundancia partículas subangulosas con fractura concoide manifiesta. | | Partículas subangulosas a sunredondeadas | |
| Fractura | Subconcoidal a concoide | | | |
| Color | Rosado a rojizo | Amarillento a pardo anaranjado | Anaranjado a pardo amarillento (caramelo) | Verde amarillento a amarillo amarronado |
| Diafanidad | Mayoritariamente: Transparentes y translúcidos. Algunos opacos | | | |
| Brillo | Vítreo - Algunos resinoso | | | |
| Susceptibilidad magnética | Atraíbles en el separador Frantz (0,15 a 0,30A) | Atraíbles en el separador Frantz (0,15 a 0,60A) | Atraíbles en el separador Frantz (0,30 a 0,80A) | Atraíbles en el separador Frantz (0,15 a 0,30A) |
| | Valores variables en función de la composición química | | | |
| Abundancias en la zona | Moderadamente abundante | Moderadamente abundante | Mayoritaria: superior al 8% de la fracción pesada | Poco abundante. |
| Áreas fuente | En micaesquistos granatíferos resultantes del metamorfismo regional de sedimentos arcillosos. También asociado a un metamorfismo de contacto de rocas pelíticas, y a rocas ígneas ácidas. | Asociada a pegmatitas graníticas o con rocas metamórficas ricas en manganeso(Mn) | Metamorfismo de contacto (tipo Skarn) de rocas plutónicas sobre rocas carbonatadas | Asociada a rocas metamórficas de contacto (tipo Skarn) |

Abundancias

El cálculo de las abundancias relativas de cada tipo de granate en los distintos afloramientos, se ha efectuado por contaje (De visu). Los resultados obtenidos se han expresado en porcentajes de número de partículas.

Con estos cálculos y de manera general, el Granate grossularia es el que presenta una mayor proporción.

Para un mejor conocimiento, hemos sometido a DRX una muestra de un afloramiento que consideramos como representativo a nivel promedio (JE-012-AP). La totalidad de los minerales pesados obtenidos se han separado en función de su rango de atracción electromagnética. Se ha efectuado una difracción para cada rango (Ferromagnéticos - 0,10 - 0,30 - 0,45 - 0,80 - 1,30 amperios y diamagnéticos). Los porcentajes obtenidos se expresan en % en peso.

En la (Tabla 9) se relacionan los resultados de los distintos diagramas, indicando los granates identificados así como sus porcentajes de participación.

Tabla 9: Resultados de los diagramas realizados sobre la fracción pesada del afloramiento JE-012-AP

| Muestra | Rango | Peso gr | Almandino | | Spessartina | | Grossularia | | Andradita | | |
|-----------------------|-----------|---------|-----------|-------|-------------|-------|-------------|------|-----------|------|--|
| | | | % | gr | % | gr | % | gr | % | gr | |
| AP-01 | Ferromag | 0,19 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| AP-02 | 0,10-0,15 | 0,72 | 10,20 | 0,07 | 7,70 | 0,06 | 0,00 | 0,00 | <5 | 0,03 | |
| AP-03 | 0,30 | 2,41 | <5 | 0,10 | <5 | 0,10 | 0,00 | 0,00 | <5 | 0,10 | |
| AP-04 | 0,45 | 0,87 | 0,00 | 0,00 | <5 | 0,04 | 40,40 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | |
| AP-05 | 0,8-1,30 | 0,52 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 20,80 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | |
| AP-06 | Diamag | 0,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Total gr muestra | | 5,50 | | | | | | | | | |
| Totales grs granates | | | 0,17 | | 0,20 | | 0,46 | | 0,13 | | |
| % Granates | | | 17,71 | 20,83 | 47,92 | 13,54 | | | | | |
| % Granates en muestra | | 17,45 | 3,09 | 3,64 | 8,36 | 2,36 | | | | | |

Conclusiones

Tanto por el procedimiento manual como por los análisis por DRX, se pone de manifiesto la mayor abundancia del granate Grossularia sobre los otros granates identificados, siendo el Andradita el que se presenta en una menor proporción.

En algunos afloramientos y en función de la litología de las áreas fuente, existen variaciones, e incluso no se detecta alguna de las especies.

4.1.10.- Ilmenita

Clasificación: Óxidos e hidróxidos

Fórmula química teórica: $\text{Fe}^{2+}\text{Ti}^{4+} \text{O}_3$

Propiedades físicas y otras características generales de la especie:

| | |
|--|--|
| Densidad | 4,72 |
| Dureza | 5-6 |
| Sistema cristalino | Trigonal |
| Formas | Cristales tabulares con truncaduras romboédricas |
| Fractura | Concoidea a irregular |
| Color | Gris plomizo a negro |
| Diafanidad | Opaco. Los fragmentos muy delgados son algo translúcidos |
| Brillo | Metálico a submetálico |
| Inclusiones | Puede contener pequeñas inclusiones de hematites |
| Resistencia a los agentes atmosféricos | Media |
| Resistencia a la alteración química | Alta |
| Estabilidad | Moderadamente estable. Alterable a rutilo, anatasa o leucoxeno |
| Capacidad de migración | Alta |
| Susceptibilidad magnética | Puede ser ligeramente magnético. Frantz (0,1-0,4 A) |
| Minerales asociados | Magnetita , rutilo, hematites, pirrotina, apatito. |
| Origen | Asociadas a plutones graníticos. Asociadas a complejos alcalinos y sus carbonatitas, Asociadas a complejos básicos (gabros, noritas, anortositas). En rocas básicas metamorizadas (gneis, anfibolitas y otros esquistos cristalinos. |

Consideraciones sobre la composición química

La ilmenita casi nunca se presenta pura, sino formando mezclas isomorfas con la pirofanita, TiO_2Mn , y la Geikielita, $\text{TiO}_3(\text{Mg}, \text{Fe})$.

La relación entre el titanio y el hierro varía ampliamente por la introducción de óxido férrico. Existe una solución sólida completa entre ilmenita y hematites.

Es común la paragénesis ilmenita (en solución sólida con hematites) - titanomagnetita.

El magnesio y el manganeso pueden reemplazar al hierro ferroso.

Un exceso de TiO_2 en los análisis se debe a la presencia de rutilo, que va en ocasiones íntimamente mezclado con la ilmenita.

Puede contener trazas de V, Cr, y Al.

Composición química teórica: Peso molecular de la fórmula empírica dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos.

| | A% | | Ox% | óxidos |
|---------|-------|----|-------|------------------|
| Titanio | 31,56 | Ti | 52,65 | TiO ₂ |
| Hierro | 36,81 | Fe | 47,35 | FeO |
| Oxigeno | 31,63 | O | | |

Análisis comparativo de diversas muestras de ilmenita

| Componentes | Muestras | | | | | | | |
|--------------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| TiO ₂ | 52,66 | 52,73 | 51,32 | 54,20 | 48,54 | 50,06 | 51,00 | 52,61 |
| Fe ₂ O ₃ | - | - | 2,10 | 2,58 | 5,57 | 6,03 | 6,00 | 2,22 |
| FeO | 47,34 | 45,83 | 42,38 | 42,85 | 41,76 | 40,87 | 37,00 | 42,77 |
| MgO | - | 1,25 | - | - | 0,88 | 1,72 | - | 2,30 |
| MnO | - | - | 3,37 | - | 1,10 | 0,48 | 2,00 | 0,46 |
| SiO ₂ | - | - | 0,16 | - | 0,60 | 0,76 | - | 0,02 |
| Al ₂ O ₃ | - | - | - | - | 0,91 | 0,20 | - | 0,06 |
| V ₂ O ₃ | - | - | - | - | - | - | - | 0,13 |
| Cr ₂ O ₃ | - | - | - | - | - | - | - | 0,01 |
| H ₂ O | - | - | - | - | 0,15 | 0,12 | - | - |
| Residuo | - | - | 0,20 | - | - | - | 4,00 | - |
| Total | 100,00 | 99,81 | 99,53 | 99,63 | 99,51 | 100,24 | 100,00 | 100,58 |

(1) Análisis teórico correspondiente a la fórmula FeTiO₃. (2) Material procedente del monte Ruwenzori, Zaire. (3) Material procedente de Madagascar. (4) Material procedente de Siberia. (5) Material procedente de la Lombardía, Italia. (6) Material procedente de Val Devero, Italia. (7) Mineral español procedente de La Coruña. (8) Material procedente del macizo de Marcy, New York, USA.

Fuente de la información: (1 a 7) IGME.- (8) Mineral Data Publishing.

Propiedades físicas y otras características específicas de las partículas separadas de los sedimentos de de la zona de estudio.

| | |
|---------------------------|---|
| Formas | Cristales romboédricos o tabulares algo redondeados. También en granos xenomorfos. Fig. 1 (A-B-C) |
| Color | Negro intenso a gris-negro |
| Brillo | Metálico a submetálico |
| Diafanidad | Opaco. En pequeñas láminas presenta cierta translucidez |
| Susceptibilidad magnética | Algunas partículas aparecen en la fracción magnética. Atraíble en el separador Frantz mayoritariamente entre 0,10 y 0,15 A, pudiendo aparecer hasta 0,45 A. |
| Posibles áreas fuente | Asociado a granitos y a rocas básicas metamorfizadas (gneises y esquistos). |

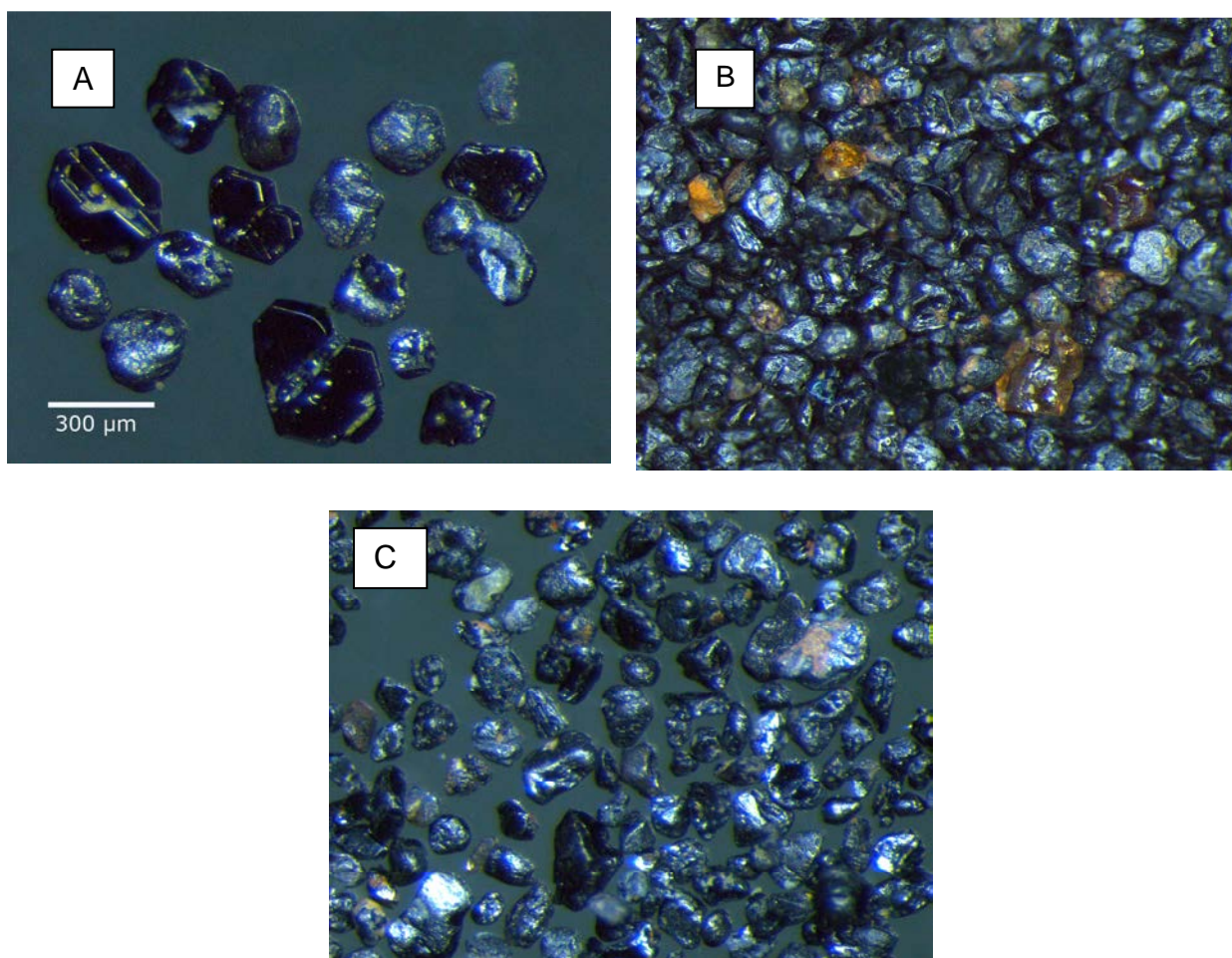
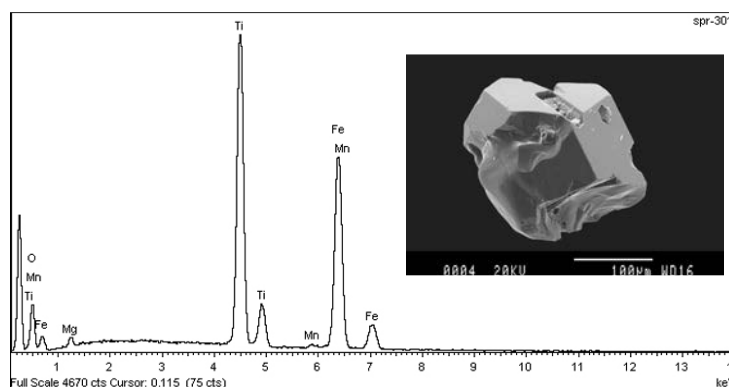


Fig. 1: Partículas subhédricas y granos redondeados xenomorfos de ilmenita correspondientes (A) y (C) al afloramiento 01-GA y (B) al afloramiento 28VOR.

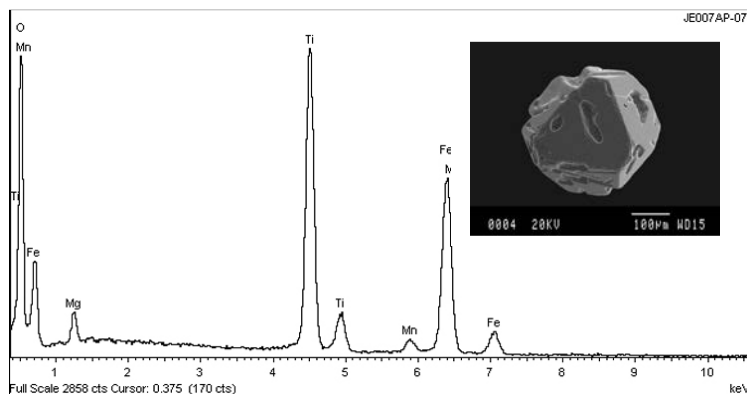
Formas, análisis semicuantitativos y espectros EDS más característicos de las partículas obtenidas en la zona de estudio

| Partícula SPR-301 (0,10A) | | | |
|---------------------------|--------|--------------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 14,52 | 1,02 | 35,26 |
| Mg K | 1,36 | 0,13 | 2,18 |
| Ti K | 35,15 | 0,48 | 28,51 |
| Mn K | 0,61 | 0,12 | 0,43 |
| Fe K | 48,36 | 0,63 | 33,63 |
| Totals | 100,00 | | |



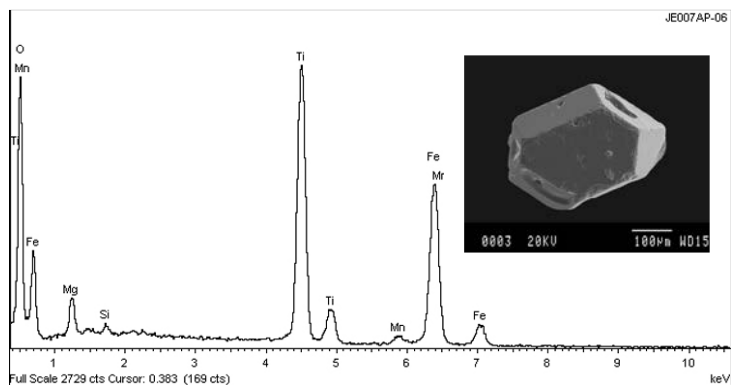
Partícula SPR-007AP-07 (0,10A)

| Elemento | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|----------|--------|--------------|-------|
| O K | 53,68 | 0,46 | 78,30 |
| Mg K | 1,77 | 0,11 | 1,70 |
| Ti K | 19,85 | 0,24 | 9,67 |
| Mn K | 1,43 | 0,10 | 0,61 |
| Fe K | 23,27 | 0,30 | 9,72 |
| Totals | 100,00 | | |



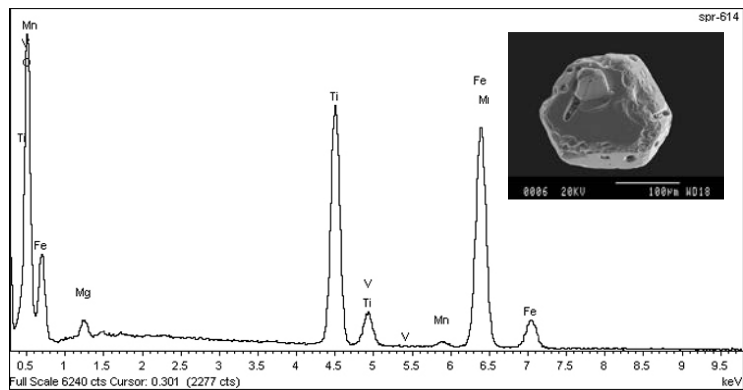
Partícula SPR-007AP-06 (0,10A)

| Elemento | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|----------|--------|--------------|-------|
| O K | 53,33 | 0,49 | 77,69 |
| Mg K | 2,35 | 0,12 | 2,25 |
| Si K | 0,42 | 0,07 | 0,35 |
| Ti K | 19,88 | 0,26 | 9,67 |
| Mn K | 0,84 | 0,10 | 0,36 |
| Fe K | 23,17 | 0,32 | 9,67 |
| Totals | 100,00 | | |



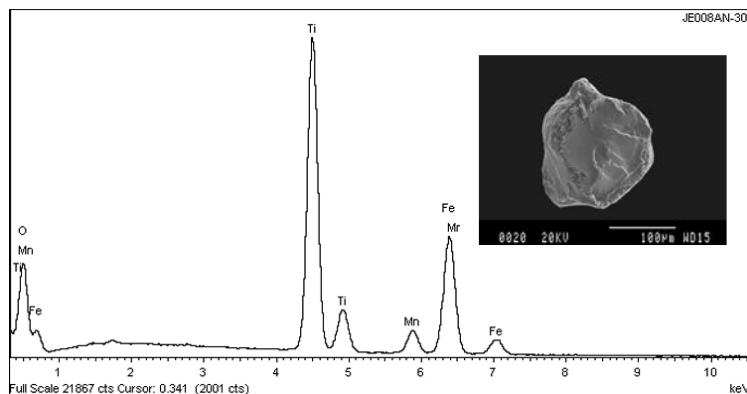
Partícula SPR-614 (magnetic)

| Elemento | Wt% | Wt% Sigma | Atomic% |
|----------|--------|--------------|---------|
| O K | 46,58 | 0,41 | 73,88 |
| Mg K | 1,33 | 0,08 | 1,39 |
| Ti K | 17,76 | 0,17 | 9,41 |
| V K | 0,25 | 0,06 | 0,12 |
| Mn K | 0,69 | 0,06 | 0,32 |
| Fe K | 33,39 | 0,29 | 14,88 |
| Totals | 100,00 | | |



Partícula 008AN-30 (0,15A)

| Elemento | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|----------|--------|--------------|-------|
| O K | 36,46 | 0,33 | 64,73 |
| Ti K | 34,48 | 0,19 | 20,45 |
| Mn K | 4,26 | 0,06 | 2,20 |
| Fe K | 24,81 | 0,16 | 12,62 |
| Totals | 100,00 | | |



4.1.11.- Oro

Clasificación: Elementos nativos

Fórmula química: Au

Propiedades físicas y otras características generales:

| | |
|-------------------------------------|---|
| Densidad | 19,3 cuando es puro |
| Dureza | 2,5 - 3 |
| Cristalografía | Cúbico |
| Formas | Raro en cristales. En grupos arborescentes y en pepitas |
| Fractura | Irregular. Muy maleable y dúctil |
| Color | Varias tonalidades de amarillo según composición. |
| Diafanidad | Opaco. |
| Brillo | Metálico |
| Estabilidad | Estable |
| Resistencia a la alteración química | Muy alta (inalterable). |
| Capacidad de migración | Media-alta |
| Susceptibilidad magnética | No atraíble en el separador Frantz (diamagnético). |

Consideraciones sobre la composición química

Existe una serie completa de soluciones sólidas entre el oro y la plata. Cuando la proporción de plata es superior al 20%, la aleación se denomina *electrum*. Puede haber pequeñas cantidades de cobre y hierro, así como trazas de bismuto, plomo, estaño, zinc, mercurio, iridio y metales del grupo del platino.

Ejemplos de composición química en diferentes localidades (en A%)

| Elemento | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Au | 99,91 | 85,21 | 90,99 | 94,22 | 73,54 |
| Ag | 0,09 | 14,71 | 3,53 | 2,84 | 20,92 |
| Cu | | | 5,32 | 0,11 | 4,27 |
| Fe | | | 0,07 | | |
| Bi | | | | 2,82 | |
| Sn | | | | | 0,28 |
| Pb | | | | | 0,20 |
| Zn | | | | | 0,77 |
| Total | 100 | 99,92 | 99,91 | 100,09 | 99,98 |
| Densidad | 19,29 | 16,90 | 17,59 | 18,22 | 16,87 |

1) *Sponge gold*, 2) *Ostryi Bugor, Nagol'nyi Kryazh, Ucrania*, 3) *Borneo*, 4) *Shilovoisetsky Mine, Urales, Rusia* 5) *Electrum, W. África*.

Estudio de las partículas separadas de los sedimentos del Mioceno y del Holoceno.

Se ha llevado a cabo un estudio detallado de todas las partículas que se han obtenido en los distintos afloramientos: Tamaño, composición química, peso y morfología.

Las partículas se aíslan, una vez secas, de la batea o de la fracción diamagnética mediante un pincel de tamaño 5/0, y posteriormente se capturan con la punta de una aguja entomológica muy fina montada sobre una varilla de vidrio o de plástico. La captura normalmente se realiza por pura adherencia electrostática, pero a veces es necesario aplicar un líquido viscoso, que puede ser simplemente saliva, o según hemos podido experimentar con éxito, una disolución saturada de azúcar.

Este segundo procedimiento es especialmente idóneo para las de mayor tamaño, pero obliga a desprenderlas por inmersión en agua destilada y recuperarlas por evaporación del líquido.

El pequeño tamaño de las partículas, en general inferiores a 250 μm , dificulta su manejo sin riesgo de pérdidas, por lo que no son recomendables los cambios de ubicación. En consecuencia, para el peso de cada partícula no se ha podido utilizar la balanza de precisión.

El procedimiento que hemos considerado más adecuado, ha sido, situarlas inicialmente sobre un "stub" debidamente posicionadas e identificadas mediante una foto. (Fig.01).

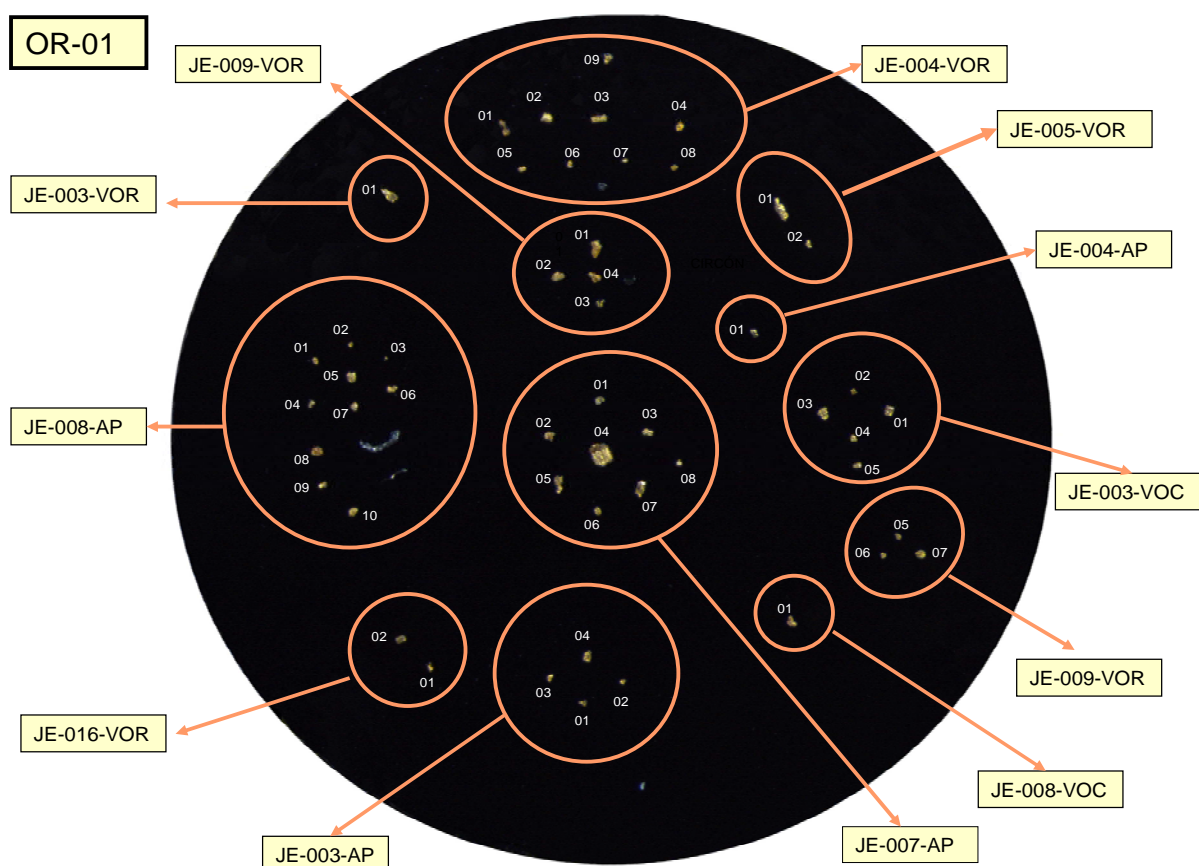
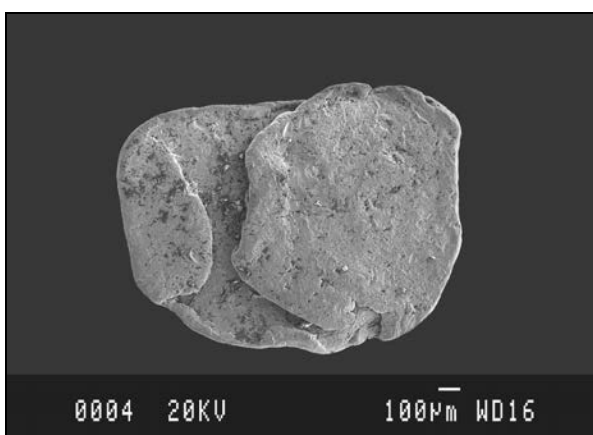


Fig.01: Partículas de oro correspondientes a distintos afloramientos posicionadas sobre un "stub".

Metodología utilizada para el cálculo de los tamaños y del peso

A partir de una imagen SEM y aplicando el programa ImageJ, hemos calculado la superficie de la partículas así como cualquier medida interior (ejes a y b), excepto el eje c (grueso), para el que hemos utilizado otro procedimiento que se expone más adelante.

Se ha experimentado con dos partículas de un tamaño suficiente para poderlas pesar sin riesgo de pérdida en una balanza de precisión. Estas partículas se han obtenido de las gravas de una terraza del río Segre en Balaguer y las identificaremos como SOR-02 y SOR-07.



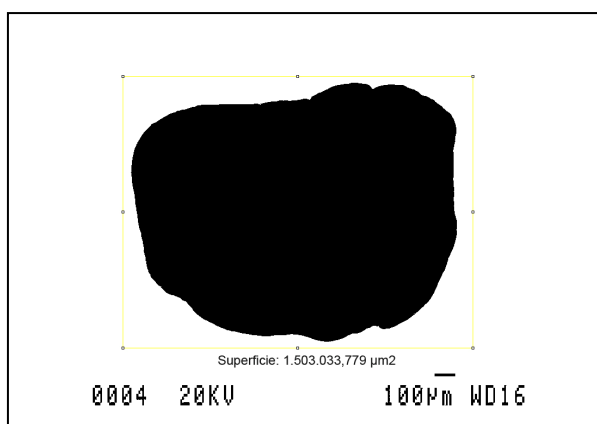
Partícula SOR-02
Peso: 3,549 mg



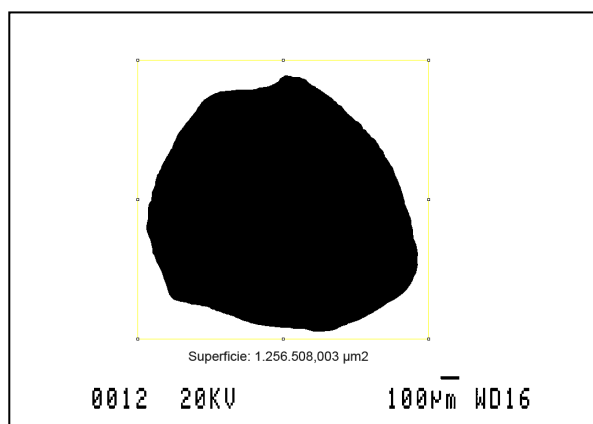
Partícula SOR-07
Peso: 2,446 mg

Cálculo de la superficie:

Aplicando el programa ImageJ



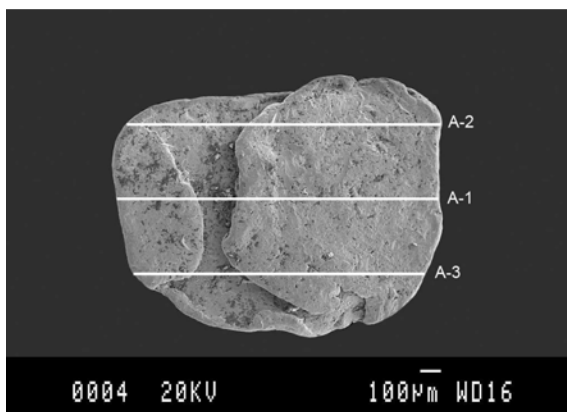
Superficie de SOR-02 calculada por ImageJ
1.503.033,779 µm²



Superficie de SOR-07 calculada por Image J
1.256.508,003 µm²

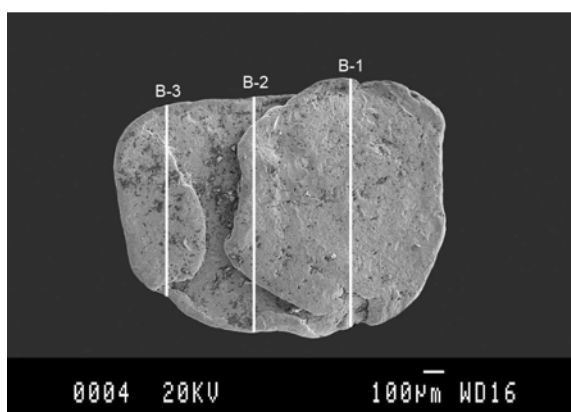
Cálculo de los ejes a y b:

Para ambos ejes efectuaremos tres mediciones. El valor máximo se utilizará para representar el diagrama de formas de Zingg-Krumbein y para obtener los valores de IA (índice de aplanamiento) y SFC (factor de forma Corey). Los valores promedio los utilizaremos para obtener el peso de la partícula una vez estimado el valor del eje **C**.



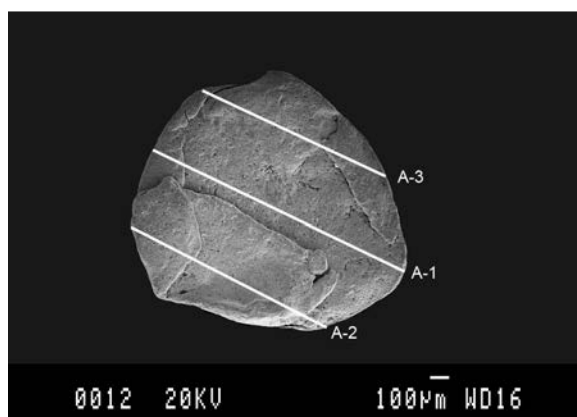
SOR-02 - Ejes a (largo)

| | Longitud μm |
|----------|------------------------|
| A1 | 1.575,676 |
| A2 | 1.524,324 |
| A3 | 1.321,622 |
| Promedio | 1.473,874 |



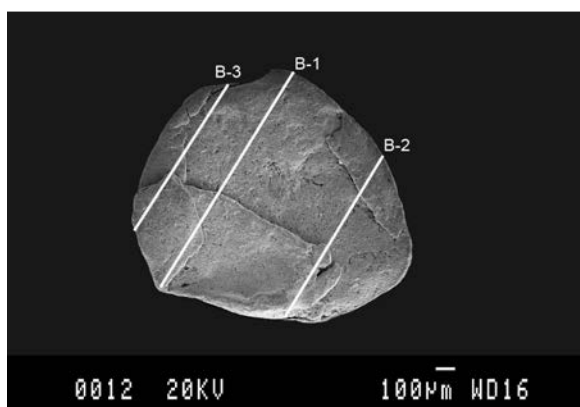
SOR-02 - Ejes b (ancho)

| | Longitud μm |
|----------|------------------------|
| B1 | 1.175,676 |
| B2 | 1.148,649 |
| B3 | 1.094,595 |
| Promedio | 1.139,640 |



SOR-07 - Ejes a (largo)

| | Longitud μm |
|----------|------------------------|
| A1 | 1.359,940 |
| A2 | 1.063,720 |
| A3 | 992,420 |
| Promedio | 1.138,693 |



SOR-07 - Ejes b (ancho)

| | Longitud μm |
|----------|------------------------|
| B1 | 1.252,165 |
| B2 | 919,116 |
| B3 | 856,415 |
| Promedio | 1.009,232 |

Cálculo del eje c:

Con un microscopio o estereomicroscopio provistos de un micrómetro de precisión, efectuaremos una medición de enfoque-desenfoco entre la superficie de la partícula y la superficie del “stub” sobre la que está depositada.

En la aplicación de este procedimiento se considera plana la base de la partícula

Se han efectuado las mediciones en un microscopio Axiophot Zeiss con un objetivo de 10x5

Inicialmente, para calibrar el grado de precisión óptica, así como también la capacidad visual del operador, hemos utilizado tres galgas metálicas de grosor 50,100 y 200 micras colocadas sobre una base negra rugosa y de fácil enfoque. Se han realizado tres mediciones de prueba para cada una y así poder comprobar el grado de desviación respecto al promedio obtenido (Gráfico: 01) y (Fig: 02).

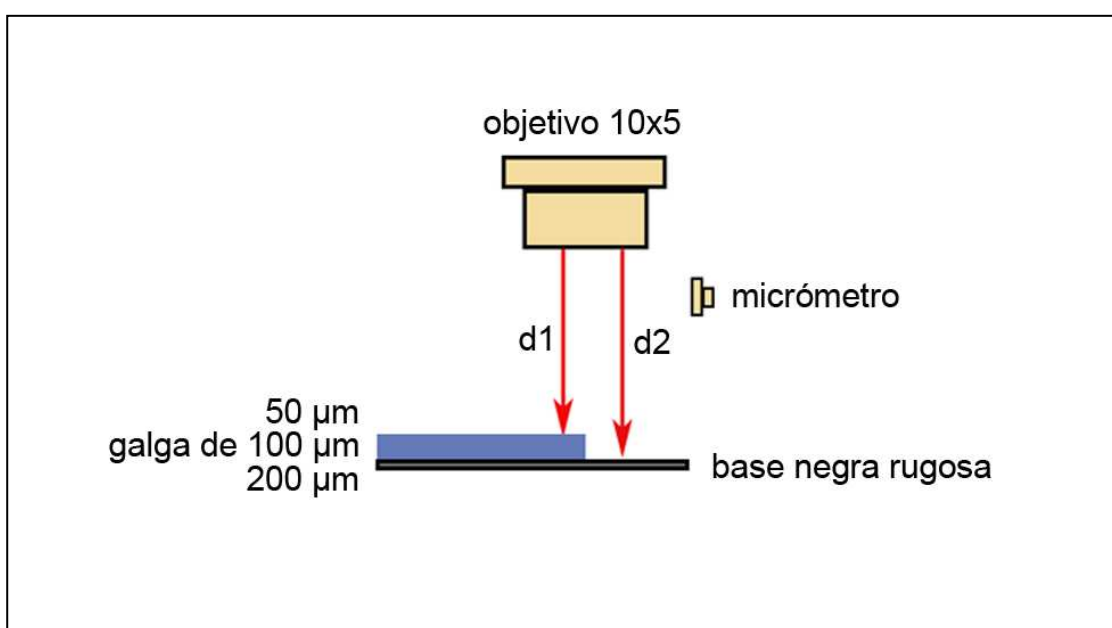


Fig: 02 - Esquema del procedimiento para medir el grosor de las galgas

Tabla 01 - Mediciones efectuadas y porcentajes de desviación

| Grosor galga en μm | Mediciones | | | promedio | desviación % |
|--------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------|--------------|
| | (d2-d1) 1 ^a | (d2-d1) 2 ^a | (d2-d1) 3 ^a | | |
| 200 | 204 | 206 | 202 | 204 | 2,0 |
| 100 | 106 | 102 | 104 | 104 | 3,8 |
| 50 | 54 | 52 | 52 | 52,7 | 5,4 |

La desviación aumenta a medida que disminuye el grosor de la galga, pero se consideró que estando en valores inferiores al 10%, era aceptable la aplicación de este método para medir el parámetro **c** de las partículas experimentales SOR-01 y SOR-07.

Calculo del eje C en las partículas SOR-02 y SOR-07

Para la medición del parámetro **C** (grosor) de estas partículas hemos de tener en cuenta que la parte superior de las mismas suele presentar diferentes cotas de altura, que a su vez, ocupan distintos porcentajes de superficie. En función de la partícula hemos diferenciado hasta un máximo de tres cotas (*Fig: 03*).

Aplicando el procedimiento descrito para el cálculo del grosor de las galgas, dispondremos de un valor máximo de **C** y uno o dos valores menores, resultantes de efectuar tres mediciones para cada nivel de altura y promediarlos (*Tabla 02*). Posteriormente aplicando los porcentajes de superficie que ocupa cada nivel (calculados por ImageJ) obtendremos lo que denominaremos como **c calculado**.

El valor máximo lo utilizaremos junto con los máximos de **a** y **b** para situar la partícula en el diagrama de formas de Zingg-Krumbein y obtener los valores de IA y SFC. El valor **c calculado** lo usaremos en el cálculo del peso mediante el cálculo previo del diámetro equivalente o aplicando la fórmula simple de área de la base por altura (**FS**). También se puede utilizar esta segunda opción aplicando el **c máximo**, en lo que podríamos considerar como el cálculo más optimista, aunque hay que tener en cuenta que este procedimiento podría compensar los posibles relieves sumergidos en el "stub" que inicialmente hemos considerado como planos.

En todos los casos se habrá de tener en cuenta la composición química de la partícula, para aplicar el peso específico que le corresponda.

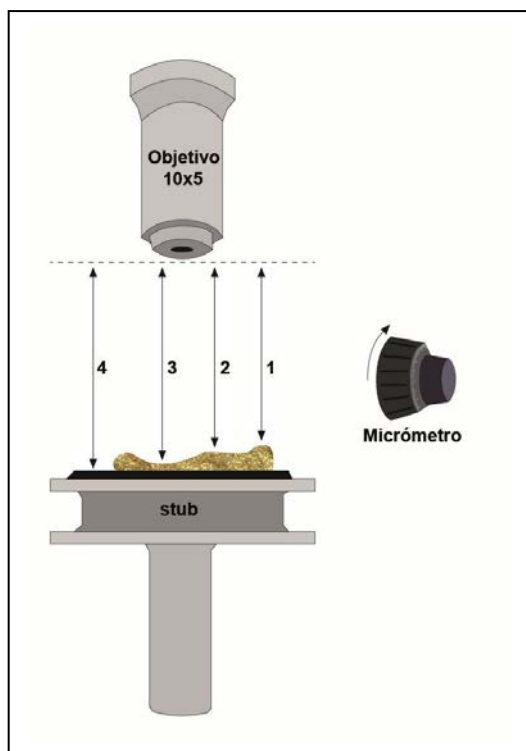


Fig. 03: Mediciones obtenidas para el cálculo de **c** en SOR-02 y SOR-07. (1) grosor máximo (2) grosor intermedio (3) Grosor mínimo (4) Distancia a la base.

Cálculo de los valores de C

| Partícula | C máximo | C medio | C mínimo |
|-----------|-------------------|-------------------|------------------|
| SOR-02 | 140 | ----- | 84 |
| | 138 | | 82 |
| | 142 | | 86 |
| Promedio | 140 μm | ----- | 84 μm |
| SOR-07 | 122 | 110 | 92 |
| | 120 | 108 | 90 |
| | 118 | 106 | 88 |
| Promedio | 120 μm | 108 μm | 90 μm |

Tabla 02

Valores de **c** calculado obtenidos para SOR-01 y SOR-07

Una vez obtenidas las medidas de **C** (dos o tres en función del relieve de la partícula), haciendo una selección en la imagen SEM y mediante el programa *ImageJ*, hemos calculado la superficie que ocupa cada una y en función de su porcentaje el valor de **C calculado** (Fig: 04-05).

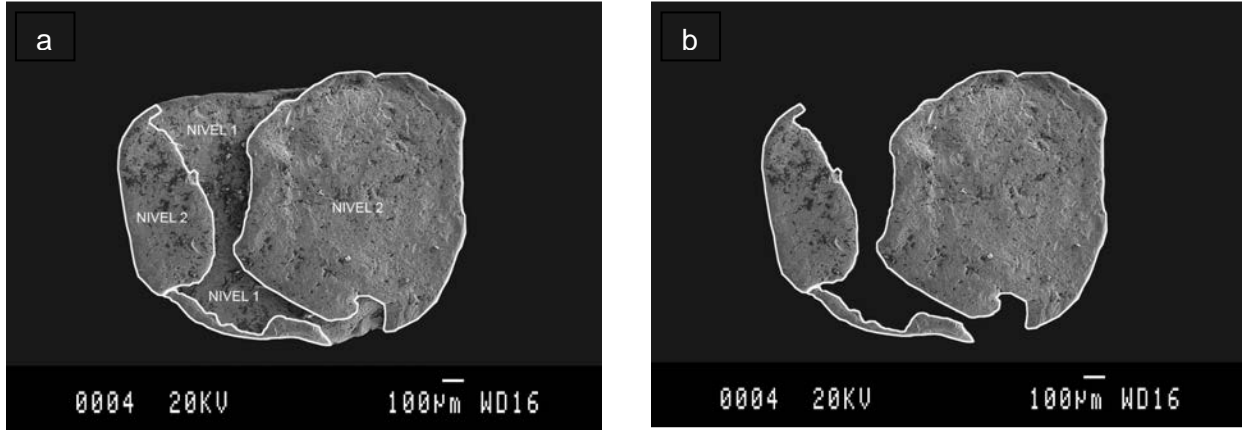


Fig. 04: (a) se diferencian dos niveles de altura. (b) se selecciona y mide por *ImageJ* la superficie ocupada por el nivel superior (NIVEL 2). La del inferior (NIVEL 1) se obtiene por diferencia.

La superficie ocupada por el NIVEL 2, calculada por *ImageJ*, es de: 964947,69 μm^2 que equivale a un 64,2%. Por tanto la ocupada por el NIVEL 1 será del 35,8%.

Aplicando estos porcentajes sobre los valores de cada nivel (84 y 140 μm), resulta un valor para **C calculado** de 120 μm (Tabla 03).

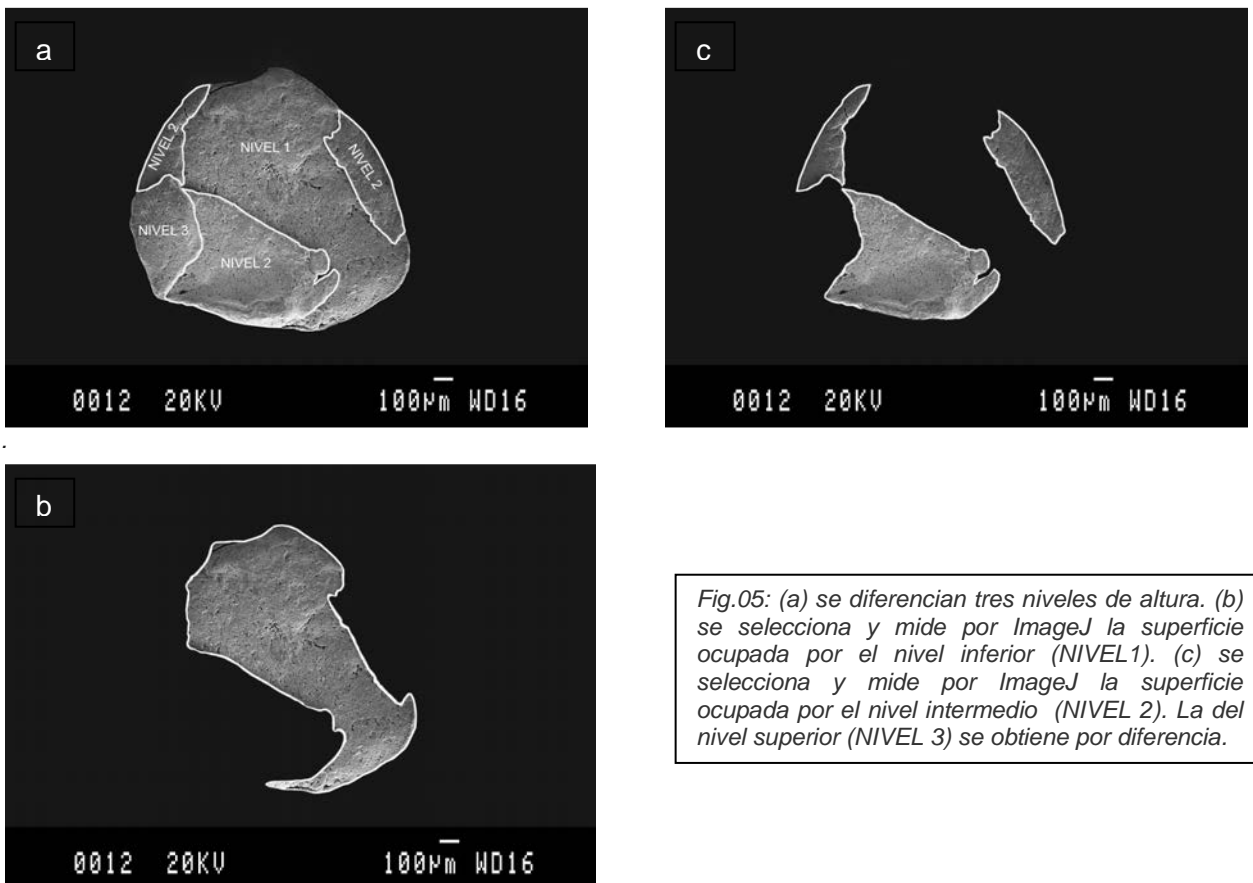


Fig.05: (a) se diferencian tres niveles de altura. (b) se selecciona y mide por *ImageJ* la superficie ocupada por el nivel inferior (NIVEL1). (c) se selecciona y mide por *ImageJ* la superficie ocupada por el nivel intermedio (NIVEL 2). La del nivel superior (NIVEL 3) se obtiene por diferencia.

La superficie ocupada, calculada por ImageJ, para el NIVEL 1 es de 540298,44 μm^2 que equivale a un 43% y para el NIVEL 2 de 565428,60 μm^2 que corresponde al 45%. Por tanto la ocupada por el NIVEL 3 será de un 12%.

Aplicando estos porcentajes sobre los valores de cada nivel (90,108 y 120 μm), resulta un valor para **C calculado** de 102 μm (Tabla: 03).

Tabla 03: Valores obtenidos para el eje C

| Partícula | C máximo NIVEL 2 o 3 | C medio NIVEL 2 o 3 | C mínimo NIVEL 1 | C calculado |
|-----------|-------------------------|------------------------|---------------------|-------------|
| SOR-02 | 140 | - | 84 | 120 |
| SOR-07 | 120 | 108 | 90 | 102 |

Composición química de SOR-02 y SOR-07

Obtenida mediante análisis por EDS:

SOR-02: 95,66% Au - 0,44% Pb - 3,90 Si Pe medio: 18,60 g/cm³
SOR-07: 96,78% Au - 0,38% Pb - 2,84 Cu Pe medio: 18,98 g/cm³

Peso de las partículas mediante el cálculo previo del diámetro equivalente (*)

Utilizando los valores promedio de **a** y **b** y el valor de **c calculado** se obtiene el diámetro equivalente mediante la expresión:

$$ED = \sqrt[3]{\left(\frac{6}{\pi}\right) * a * b * c} \quad (\text{Giusti 1986})$$

Aplicada a los valores de SOR-02:

a = 1473,8740 μm

b = 1139,6400 μm

c = 120,0000 μm

$$ED = \sqrt[3]{\left(\frac{6}{\pi}\right) * 1473,8740 * 1139,6400 * 120} = 727,4501 \mu\text{m}$$

Diámetro: 727,4501 μm = 0,7274501 mm

Radio: 363,7251 μm = 0,3637251 mm

$$\text{Volumen: } V = \frac{4}{3} \pi * r^3 = \frac{4}{3} \pi * 0,3637251^3 = 0,201565 \text{ mm}^3$$

$$\text{Peso} = \text{volumen} * \text{densidad} = 0,201565 \text{ mm}^3 * 18,60 \text{ mg/mm}^3 = \mathbf{3,750 \text{ mg}}$$

Aplicada a los valores de SOR-07:

a = 1138,6930 μm

b = 1009,2320 μm

c = 102,0000 μm

$$ED = \sqrt[3]{\left(\frac{6}{\pi}\right) * 1138,6930 * 1009,2320 * 102} = 607,2014 \mu\text{m}$$

Diámetro: 607,2014 μm = 0,6072014 mm

Radio: 303,6007 μm = 0,3036007 mm

$$\text{Volumen: } V = \frac{4}{3} \pi * r^3 = \frac{4}{3} \pi * 0,3036007^3 = 0,117219 \text{ mm}^3$$

$$\text{Peso} = \text{volumen} * \text{densidad} = 0,117219 \text{ mm}^3 * 18,98 \text{ mg/mm}^3 = \mathbf{2,225 \text{ mg}}$$

(*) Se define como el diámetro de una partícula esférica de la misma densidad que, relacionada con un fenómeno o propiedad específica (por ejemplo, la velocidad en caída libre, el área superficial, el volumen y las propiedades aerodinámicas), se comportaría como la partícula investigada.

Peso de las partículas obtenido mediante la aplicación de la fórmula simple

1- Utilizando los valores de superficie obtenidos, considerando el **c calculado** y aplicando la fórmula simple (*FS*) se obtienen los siguientes resultados:

Aplicada a los valores de SOR-02:

$$FS = 1.503,034 \text{ mm}^2 * 0,120 \text{ mm} * 18,60 \text{ mg} / \text{mm}^3 = 3,355 \text{ mg}$$

Aplicada a los valores de SOR-07:

$$FS = 1.256,508 \text{ mm}^2 * 0,102 \text{ mm} * 18,98 \text{ mg} / \text{mm}^3 = 2,433 \text{ mg}$$

2- Utilizando los valores de superficie obtenidos, considerando el **c máximo** y aplicando la fórmula simple (*FS*) se obtienen los siguientes resultados:

Aplicada a los valores de SOR-02:

$$FS = 1.503,034 \text{ mm}^2 * 0,140 \text{ mm} * 18,60 \text{ mg} / \text{mm}^3 = 3,914 \text{ mg}$$

Aplicada a los valores de SOR-07:

$$FS = 1.256,508 \text{ mm}^2 * 0,120 \text{ mm} * 18,98 \text{ gr} / \text{mm}^3 = 2,862 \text{ mg}$$

Comparación de resultados

| Partícula | Peso real (mg) | Peso con C calculado ED (mg) | Desviación % | Peso con C calculado FS (mg) | Desviación % | Peso con C máximo FS (mg) | Desviación % |
|-----------|----------------|------------------------------|--------------|------------------------------|--------------|---------------------------|--------------|
| SOR-02 | 3,549 | 3,750 | +5,66 | 3,355 | -5,78 | 3,914 | +10,28 |
| SOR-07 | 2,446 | 2,225 | -9,93 | 2,433 | -0,53 | 2,862 | +17,01 |

Conclusión final

Los resultados obtenidos con la *FS* (**c máximo**), tienen una mayor desviación del peso real de la partícula. De los obtenidos por los otros dos procedimientos, consideramos que en el caso de estas dos partículas, se ajusta mejor a la realidad el *FS* (**c calculado**), dado que se ha dispuesto a través de *ImageJ* de unas superficies muy aproximadas a las reales. En el procedimiento donde se aplica el ED (**c calculado**), los valores de **a** y **b** proceden del promedio de tres medidas, que aunque bastante exactas, su posición sobre la partícula puede resultar variable a criterio del operador.

Para calcular el peso de las partículas de la zona de estudio, hemos utilizado los dos últimos métodos de forma comparativa, aunque se han efectuado todos los cálculos posteriores con el *FS* (**c calculado**).

Composición química

Con las partículas de oro obtenidas en cada muestra, se confeccionaron “stubs” y probetas pulidas para el análisis semicuantitativo y cualitativo por microscopio electrónico de barrido con analizador de energías (SEM-EDS).

El SEM-EDS utilizado fue un equipo JEOL (JSM-840), con un analizador INCA serie 250 de *Oxford Instruments*, habiéndose analizado las muestras a 20 Kv y sin recubrimiento de carbono en los *Serveis Científico-Tècnics de la U.B.*

Composición química A% (valores EDS) de las partículas de oro obtenidas en los sedimentos del Mioceno

| Afloramiento | Nº part. | Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|--------------|----------|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| JE-007-AP | 10 | 07AP-01 | 99,48 | 0,52 | | | 19,25 |
| | | 07AP-02 | 96,76 | 3,24 | | | 19,01 |
| | | 07AP-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 07AP-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 07AP-05 | 97,82 | 2,18 | | | 19,11 |
| | | 07AP-06 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 07AP-07 | 94,69 | 5,31 | | | 18,83 |
| | | 07AP-08 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 07AP-09 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 07AP-10 | 97,00 | 3,00 | | | 19,04 |
| JE-010-VOR | 10 | 10VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 10VOR-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 10VOR-03 | 99,03 | 0,14 | 0,83 | | 19,20 |
| | | 10VOR-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 10VOR-05 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 10VOR-06 | 99,16 | | 0,84 | | 19,21 |
| | | 10VOR-07 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 10VOR-08 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 10VOR-09 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 10VOR-10 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-004-VOR | 9 | 04VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 04VOR-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 04VOR-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 04VOR-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 04VOR-05 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 04VOR-06 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 04VOR-07 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 04VOR-08 | 96,13 | 3,87 | | | 18,96 |
| | | 04VOR-09 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-009-VOC | 8 | 09VOC-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 09VOC-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 09VOC-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 09VOC-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 09VOC-05 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 09VOC-06 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 09VOC-07 | 98,98 | 1,02 | | | 19,21 |
| | | 09VOC-08 | 99,25 | 0,75 | | | 19,23 |
| JE-031-VOR | 4 | 31VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 31VOR-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 31VOR-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 31VOR-04 | 98,96 | 1,04 | | | 19,21 |

*Los minerales pesados del Mioceno de la fosa neógena del Vallès-Penedès
Caracterización, evaluación e hipótesis de procedencia*

| Afloramiento | Nº part. | Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|--------------|----------|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| JE-004-BLL | 4 | 02VOC-01 | 98,60 | 1,40 | | | 19,18 |
| | | 02VOC-02 | 86,40 | 13,60 | | | 18,10 |
| | | 02VOC-03 | 99,24 | 0,76 | | | 19,23 |
| | | 02VOC-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-014-VOC | 3 | 14VOC-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 14VOC-02 | 93,29 | 6,71 | | | 18,71 |
| | | 14VOC-03 | 99,40 | 0,60 | | | 19,25 |
| JE-006-VOR | 4 | 06VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 06VOR-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 06VOR-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 06VOR-04 | 98,97 | 1,03 | | | 19,21 |
| JE-004-GA | 2 | 04GA-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 04GA-02 | 99,39 | 0,61 | | | 19,25 |
| JE-008-GA | 2 | 08GA-01 | 83,22 | 16,78 | | | 17,82 |
| | | 08GA-02 | 98,69 | 1,31 | | | 19,18 |
| JE-016-VOR | 2 | 16VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | 16VOR-02 | 99,01 | 0,99 | | | 19,21 |
| JE-027-VOR | 2 | 27VOR-01 | 97,89 | 2,11 | | | 19,11 |
| | | 27VOR-02 | 98,52 | 1,41 | 0,07 | | 19,17 |
| JE-034-VOR | 2 | 34VOR-01 | 96,38 | 3,62 | | | 18,98 |
| | | 34VOR-02 | 98,38 | 1,62 | | | 19,16 |
| JE-037-VOR | 2 | 37VOR-01 | 99,60 | 0,40 | | | 19,26 |
| | | 37VOR-02 | 99,20 | 0,80 | | | 19,23 |
| JE-014-SEL | 1 | 14SEL-01 | 99,35 | 0,65 | | | 19,24 |
| JE-006-VOC | 1 | 06VOC-01 | 99,34 | 0,66 | | | 19,24 |
| JE-008-VOC | 1 | 08VOC-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-011-VOC | 1 | 11VOC-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-002-BLL | 1 | 02BLL-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-001-AP | 1 | 01AP-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-002-GA | 1 | 02GA-01 | 93,81 | 6,19 | | | 18,75 |
| JE-003-GA | 1 | 03GA-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-003-VOR | 1 | 03VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-007-VOR | 1 | 07VOR-01 | | | | | 0,00 |
| JE-006-GA | 1 | 06GA-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-028-VOR | 1 | 28VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-035-VOR | 1 | 35VOR-01 | 86,61 | 13,39 | | | 18,12 |
| JE-038-VOR | 1 | 38VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| JE-005-GA | 1 | 05GA-01 | 92,28 | 7,72 | | | 18,62 |

Composición química A% (valores EDS) de las partículas de oro obtenidas en los sedimentos del Holoceno

| Sedim | Afloramiento | Nº part. | Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|--------|--------------|----------|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| GRPAMI | JE-008-AP | 11 | 08AP-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 08AP-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 08AP-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 08AP-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 08AP-05 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 08AP-06 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 08AP-07 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 08AP-08 | 98,58 | 1,42 | | | 19,17 |
| | | | 08AP-09 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 08AP-10 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 08AP-11 | 92,96 | | | 7,04 | 18,44 |
| GRPAMI | JE-009-VOR | 7 | 09VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 09VOR-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 09VOR-03 | 92,63 | 7,37 | | | 18,65 |
| | | | 09VOR-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 09VOR-05 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 09VOR-06 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 09VOR-07 | 100,00 | | | | 19,30 |
| GRPAMI | JE-003-VOC | 5 | 03VOC-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 03VOC-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 03VOC-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 03VOC-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 03VOC-05 | 100,00 | | | | 19,30 |
| GRPAMI | JE-007-VOC | 4 | 07VOC-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 07VOC-02 | 93,19 | 6,81 | | | 18,70 |
| | | | 07VOC-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| GRPAMI | JE-003-AP | 4 | 03AP-01 | 92,52 | 7,06 | 0,42 | | 19,30 |
| | | | 03AP-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 03AP-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 03AP-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| GRMI | JE-021-VOR | 1 | 21VOR-01 | 89,43 | 10,57 | | | 18,37 |
| GRPAMI | JE-007-MAR | 2 | 07.MAR-01 | 99,01 | 0,99 | | | 19,21 |
| | | | 07.MAR-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| GRPAMI | JE-005-VOR | 2 | 05VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| | | | 05VOR-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| GRPAMI | JE-004-AP | 1 | 04AP-01 | 97,36 | 1,30 | 1,35 | | 19,19 |
| GRMI | JE-005-AP | 1 | 05AP-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| GRMI | JE-019-VOR | 1 | 19VOR-01 | 99,44 | 0,56 | | | 19,25 |
| GRPAMI | JE-030-VOR | 1 | 30VOR-01 | 95,91 | 4,09 | | | 18,94 |
| GRPAMI | JE-043-VOR | 1 | 43VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |

Mayoritariamente las partículas analizadas han resultado ser de oro con pequeñas proporciones de plata y ocasionalmente cobre y zinc.

La distribución de la plata no es uniforme dentro de la misma partícula (Figs: 6 a 14) por lo que es necesario efectuar varias mediciones y promediar, especialmente para el cálculo del peso específico medio (Tablas 04, 05 y 06)

En algunas partículas se han detectado puntos de análisis con porcentajes de plata superiores al 20% que podemos considerar como un "electrum" puntual (Fig. 7).

Estudio de una partícula de la muestra SPR-01

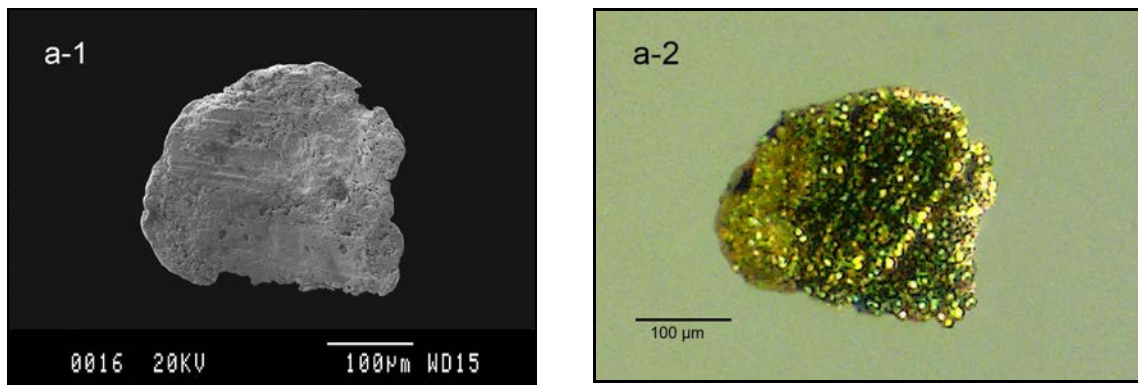


Fig. 06: (a-1): Partícula de oro obtenida de la muestra SPR-01 (sector 08-GA), (a-2): Incluida en la probeta y pulida para su análisis y observación por SEM / EDS.

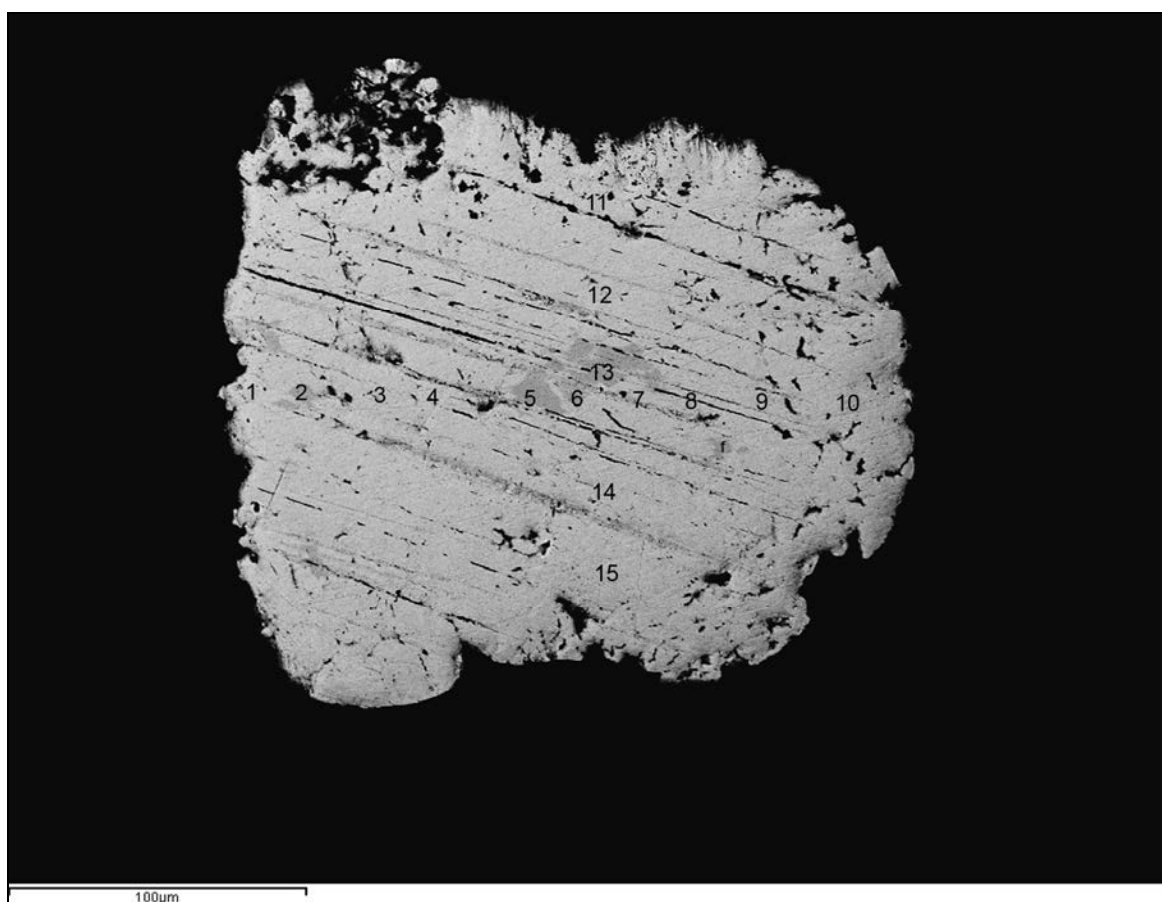


Fig.07: Imagen obtenida (SEM/EDS) con electrones retrodispersados de una partícula de oro correspondiente a la muestra SPR-01, donde se numeran los puntos de análisis y se pueden observar en color gris más intenso las zonas con mayor concentración de plata.

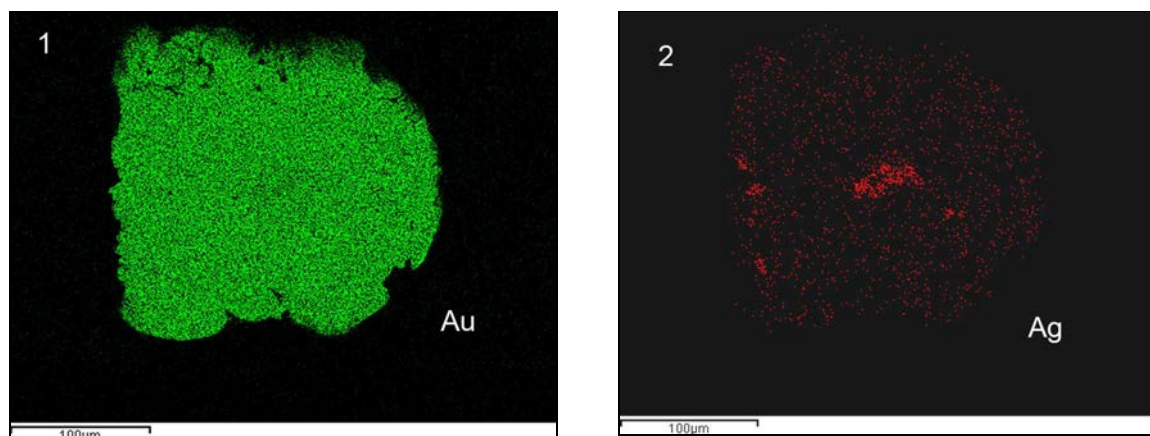
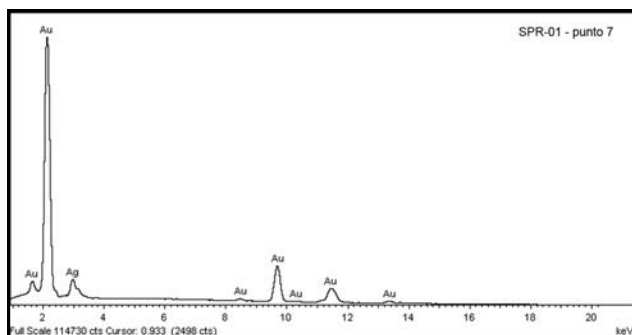
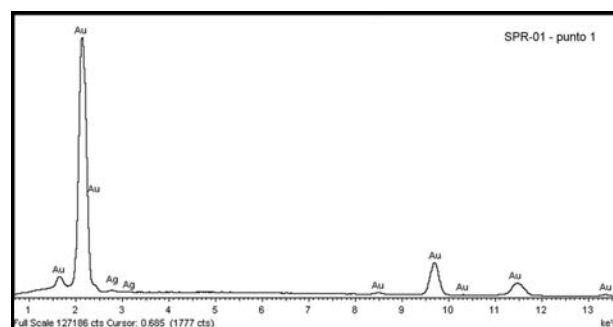
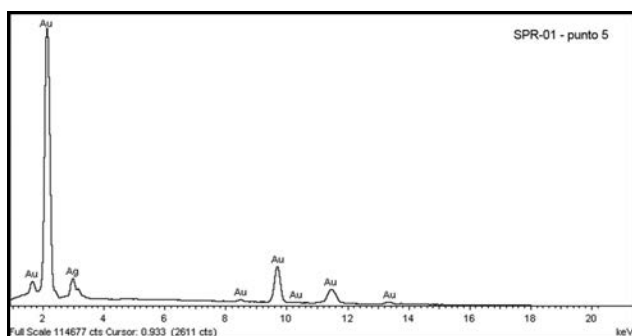


Fig.08: Imágenes obtenidas aplicando “mapping” (1) Distribución uniforme del oro - (2) Zonas de mayor concentración de plata. Las concentraciones de Ag coinciden con la imagen de retrodispersados y posteriormente con los valores obtenidos.

Resultados analíticos (EDS) para SPR-01

Tabla 04: Poco contenido de Ag en toda la partícula, excepto en los puntos 2 (9,01%), 5 (24,33%), 6 (18,09%), 7 (17,86%) y 13 (23,13%), que coinciden con las zonas que destacan en gris en la imagen de electrones retrodispersados.

| | Elemento | Peso % | Peso % Sigma | A % | | Elemento | Peso % | Peso % Sigma | A % |
|---------|----------|--------|-----------------|--------|----------|----------|--------|-----------------|--------|
| Punto 1 | Ag L | 0,53 | 0,08 | 0,96 | Punto 9 | Ag L | 0,58 | 0,10 | 1,05 |
| | Au M | 99,47 | 0,15 | 99,04 | | Au M | 99,42 | 0,19 | 98,95 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 2 | Ag L | 5,14 | 0,09 | 9,01 | Punto 10 | Ag L | 0,59 | 0,08 | 1,06 |
| | Au M | 94,86 | 0,15 | 90,99 | | Au M | 99,41 | 0,15 | 98,94 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 3 | Ag L | 0,56 | 0,08 | 1,02 | Punto 11 | Ag L | 0,53 | 0,07 | 0,96 |
| | Au M | 99,44 | 0,16 | 98,98 | | Au M | 99,47 | 0,15 | 99,04 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 4 | Ag L | 1,22 | 0,09 | 2,21 | Punto 12 | Ag L | 0,64 | 0,07 | 1,16 |
| | Au M | 98,78 | 0,17 | 97,79 | | Au M | 99,36 | 0,14 | 98,84 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 5 | Ag L | 14,97 | 0,12 | 24,33 | Punto 13 | Ag L | 14,15 | 0,13 | 23,13 |
| | Au M | 85,03 | 0,15 | 75,67 | | Au M | 85,85 | 0,17 | 76,87 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 6 | Ag L | 10,79 | 0,11 | 18,09 | Punto 14 | Ag L | 0,71 | 0,09 | 1,29 |
| | Au M | 89,21 | 0,15 | 81,91 | | Au M | 99,29 | 0,20 | 98,71 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 7 | Ag L | 10,65 | 0,11 | 17,86 | Punto 15 | Ag L | 1,07 | 0,10 | 1,95 |
| | Au M | 89,35 | 0,15 | 82,14 | | Au M | 98,93 | 0,20 | 98,05 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 8 | Ag L | 0,90 | 0,09 | 1,62 | Promedio | Ag L | 4,20 | | 7,05 |
| | Au M | 99,10 | 0,18 | 98,38 | | Au M | 95,80 | | 92,95 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |



Diagramas EDS obtenidos en los puntos: 5 (24,33 % Ag), 7 (17,86% Ag) y 1 (0,96% Ag).

Estudio de dos partículas de la muestra 007-AP

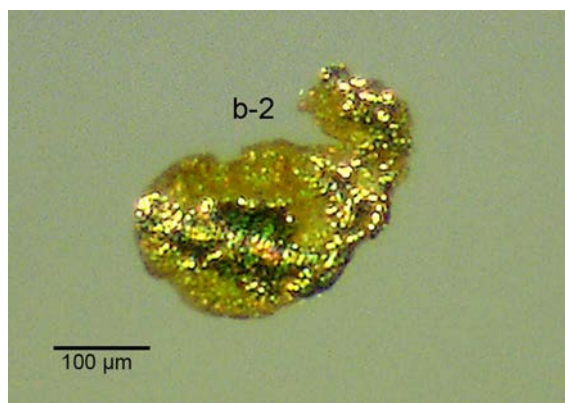
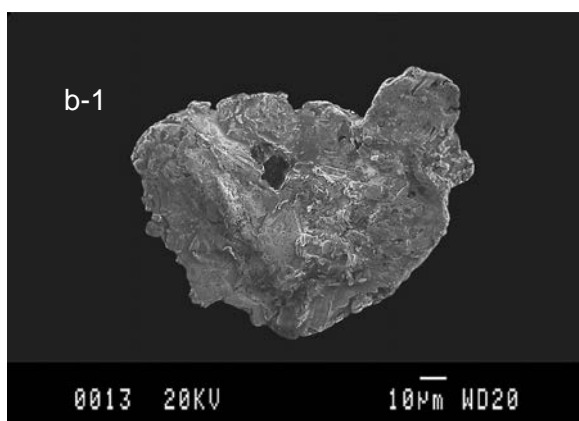


Fig.09: (b-1): Partícula de oro 007AP-01 obtenida de la muestra 007-AP (sector 07-AP), (b-2): Incluida en la probeta y pulida para su análisis y observación por SEM / EDS.

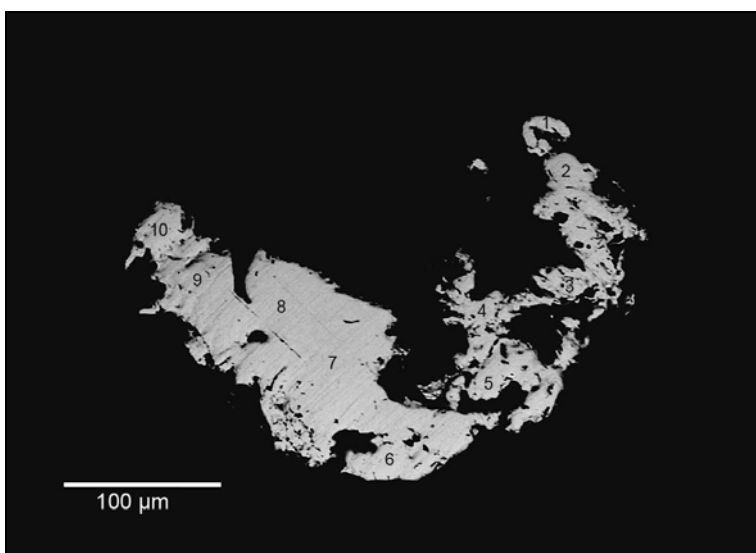


Fig. 10: Imagen obtenida con electrones retrodispersados (SEM/DS) de la partícula de oro 07AP-01 correspondiente a la muestra 007-AP, donde se numeran los puntos de análisis. No se aprecian zonas grises que nos indiquen una destacada concentración de plata (Ag).

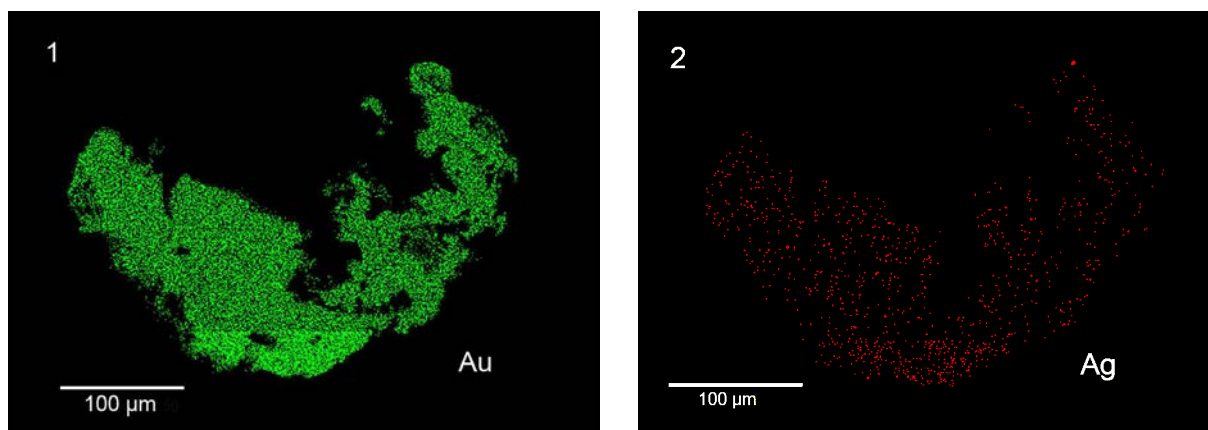


Fig.11: Imágenes obtenidas aplicando “mapping” (1) Distribución uniforme del oro - (2) Distribución uniforme de la plata, sin que se observen concentraciones destacables.

Resultados analíticos (EDS) para la partícula 007AP-01

Tabla 05: Poco contenido de Ag en toda la partícula. La distribución es muy uniforme de acuerdo con lo que se puede observar en la imagen de electrones retrodispersados y en el “mapping” .

| | Elemento | Peso % | Peso % Sigma | A % | | Elemento | Peso % | Peso % Sigma | A % |
|---------|----------|--------|-----------------|--------|----------|----------|--------|-----------------|--------|
| Punto 1 | Ag L | 0,24 | 0,11 | 0,45 | Punto 7 | Ag L | 0,40 | 0,10 | 0,73 |
| | Au M | 99,76 | 0,22 | 99,55 | | Au M | 99,60 | 0,22 | 99,27 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 2 | Ag L | 0,22 | 0,10 | 0,41 | Punto 8 | Ag L | 0,32 | 0,10 | 0,59 |
| | Au M | 99,78 | 0,21 | 99,59 | | Au M | 99,68 | 0,21 | 99,41 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 3 | Ag L | 0,30 | 0,10 | 0,56 | Punto 9 | Ag L | 0,17 | 0,11 | 0,31 |
| | Au M | 99,70 | 0,21 | 99,44 | | Au M | 99,83 | 0,23 | 99,69 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 4 | Ag L | 0,28 | 0,10 | 0,51 | Punto 10 | Ag L | 0,41 | 0,11 | 0,76 |
| | Au M | 99,72 | 0,21 | 99,50 | | Au M | 99,59 | 0,23 | 99,24 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 5 | Ag L | 0,18 | 0,10 | 0,33 | Promedio | Ag L | 0,28 | | 0,52 |
| | Au M | 99,82 | 0,23 | 99,67 | | Au M | 99,72 | | 99,48 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 6 | Ag L | 0,30 | 0,11 | 0,55 | | | | | |
| | Au M | 99,70 | 0,21 | 99,45 | | | | | |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 | | | | | |

Partícula 007AP-05

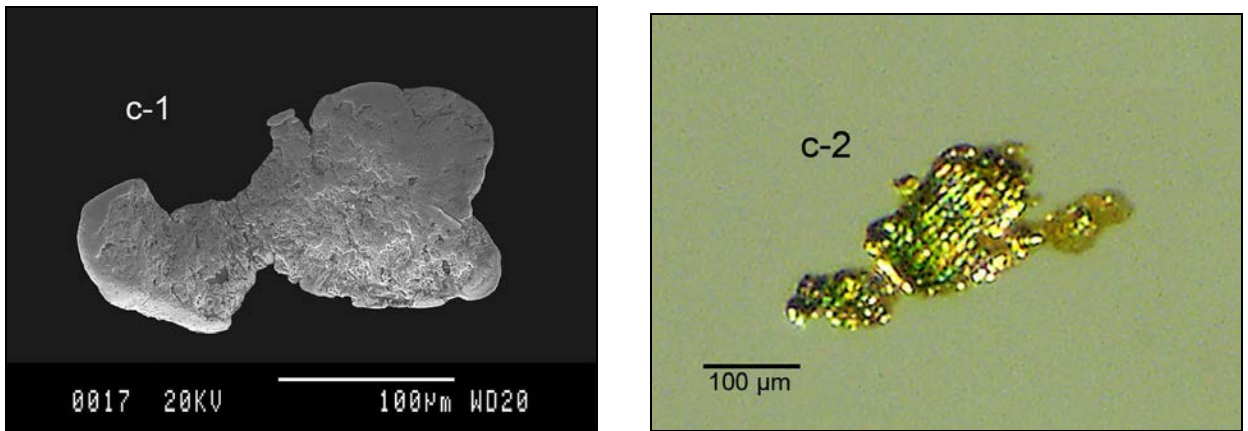


Fig.12: (c-1): Partícula de oro 007AP-05 obtenida de la muestra 007-AP (sector 07-AP), (c-2): Incluida en la probeta y pulida para su análisis y observación por SEM / EDS.

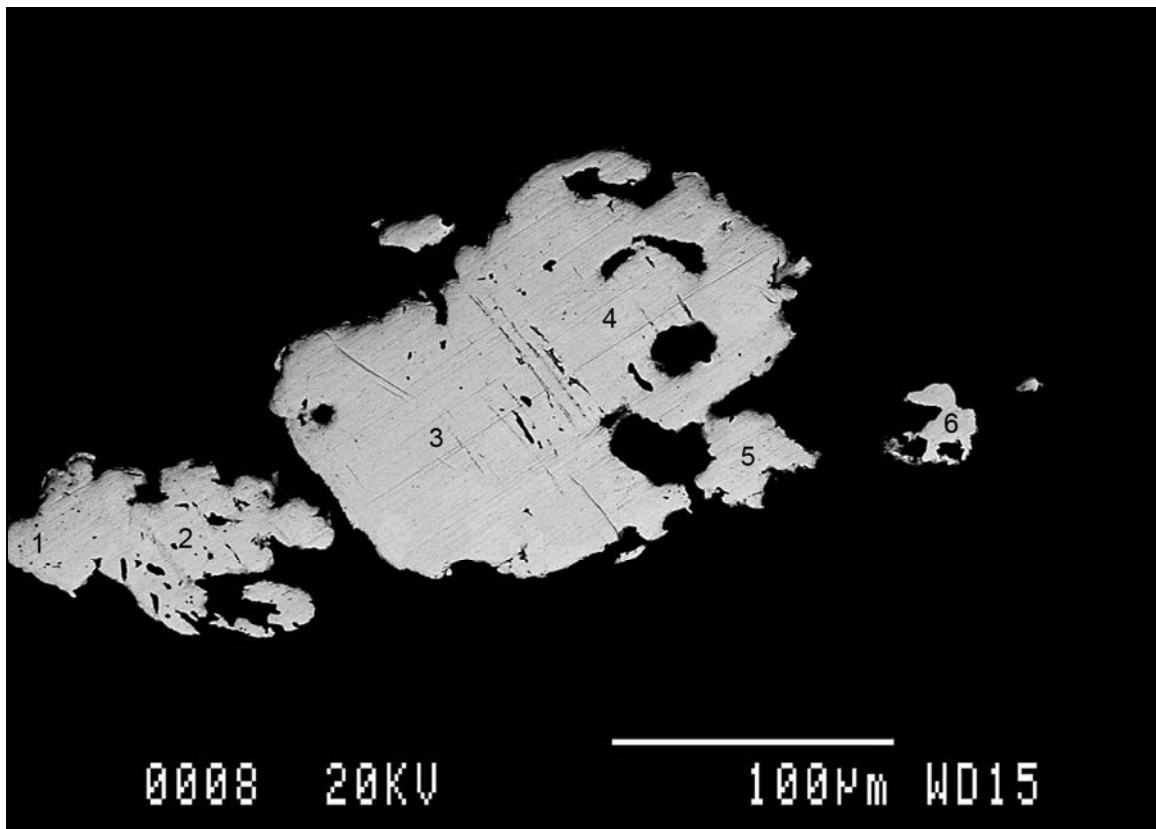


Fig.13: Imagen obtenida con electrones retrodispersados (SEM/DS) de la partícula de oro 007AP-05 correspondiente a la muestra 007-AP, donde se numeran los puntos de análisis. No se aprecian zonas grises que nos indiquen una destacada concentración de plata (Ag).

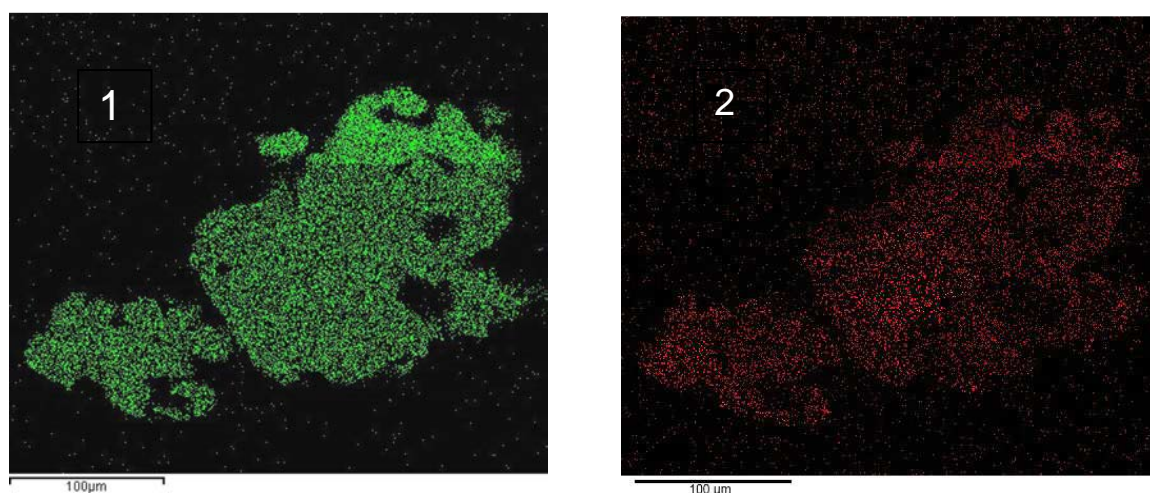


Fig. 14: Imágenes obtenidas aplicando “mapping” (1) Distribución uniforme del oro - (2) Distribución uniforme de la plata, excepto en el punto 1 donde aparece un valor superior al resto de puntos analizados.

Resultados analíticos (EDS) para la partícula 007AP-05

Tabla 06: Poco contenido de Ag en toda la partícula. La distribución es bastante uniforme excepto en los puntos 1 y 3 como puede verse en el “mapping”, aunque no se aprecia en la imagen de electrones retrodispersados.

| | Elemento | Peso % | Peso % Sigma | A % |
|----------|----------|--------|-----------------|--------|
| Punto 1 | Ag L | 4,15 | 0,12 | 7,32 |
| | Au M | 95,85 | 0,20 | 92,68 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 2 | Ag L | 1,06 | 0,10 | 1,91 |
| | Au M | 98,94 | 0,21 | 98,09 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 3 | Ag L | 1,29 | 0,11 | 2,34 |
| | Au M | 98,71 | 0,21 | 97,66 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 4 | Ag L | 0,27 | 0,11 | 0,48 |
| | Au M | 99,73 | 0,21 | 99,52 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 5 | Ag L | 0,28 | 0,11 | 0,51 |
| | Au M | 99,72 | 0,22 | 99,49 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Punto 6 | Ag L | 0,29 | 0,11 | 0,53 |
| | Au M | 99,71 | 0,21 | 99,47 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 |
| Promedio | Ag L | 1,22 | | 2,18 |
| | Au M | 98,78 | | 97,82 |
| | Totales | 100,00 | | 100,00 |

Pesos de las partículas de oro obtenidas en los distintos afloramientos

Se han calculado por los dos métodos antes expuestos: FS (c. calculado) y el ED (c. calculado).

Debido en general, al pequeño tamaño de las partículas, los valores que se obtiene por ambos métodos son muy similares.

Para los cálculos y representaciones posteriores utilizaremos los obtenidos por FS (c. calculado).

Pesos en mg de las partículas de oro obtenidas en los afloramientos del Mioceno y valores por Tm. (sobre el peso total) en cada afloramiento.

| Afloramiento | nº part | Partícula | FS c.calc | ED c. calc | Muestra | mg Tm-01 | mg Tm-02 |
|--------------|---------|-----------|-----------|------------|----------|----------|----------|
| | | | mg-01 | mg-02 | Total gr | | |
| JE-007-AP | 10 | 07AP-01 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | 07AP-02 | 0,004 | 0,005 | | | |
| | | 07AP-03 | 0,005 | 0,004 | | | |
| | | 07AP-04 | 0,063 | 0,069 | | | |
| | | 07AP-05 | 0,009 | 0,009 | | | |
| | | 07AP-06 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | 07AP-07 | 0,011 | 0,011 | | | |
| | | 07AP-08 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | 07AP-09 | 0,185 | 0,173 | | | |
| | | 07AP-10 | 0,013 | 0,014 | | | |
| | | Totales | 0,299 | 0,292 | 34630 | 8,634 | 8,432 |
| JE-010-VOR | 1 | Sondeo 1A | 0,002 | 0,002 | | | |
| | 9 | Sondeo 2A | 0,017 | 0,017 | | | |
| | 2 | Sondeo 2B | 0,003 | 0,003 | | | |
| | 340 | Sondeo 4A | 5,600 | 5,600 | | | |
| | 2 | Sondeo 4B | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 5,623 | 5,623 | 321635 | 17,48 | 17,480 |
| JE-004-VOR | 9 | 04VOR-01 | 0,011 | 0,013 | | | |
| | | 04VOR-02 | 0,007 | 0,007 | | | |
| | | 04VOR-03 | 0,008 | 0,009 | | | |
| | | 04VOR-04 | 0,004 | 0,004 | | | |
| | | 04VOR-05 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | 04VOR-06 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | 04VOR-07 | 0,001 | 0,002 | | | |
| | | 04VOR-08 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | 04VOR-09 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | Totales | 0,041 | 0,044 | 7300 | 5,616 | 6,030 |
| JE-009-VOC | 8 | 09VOC-01 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | 09VOC-02 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | 09VOC-03 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 09VOC-04 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 09VOC-05 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 09VOC-06 | 0,003 | 0,002 | | | |
| | | 09VOC-07 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 09VOC-08 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,013 | 0,012 | 7320 | 1,776 | 1,639 |

| | nº part | Partícula | FS c.calc | ED c. calc | Muestra | mg Tm-01 | mg Tm-02 |
|------------|---------|-----------|-----------|------------|----------|----------|----------|
| | | | mg-01 | mg-02 | Total gr | | |
| JE-004-BLL | 5 | 02VOC-01 | 0,004 | 0,004 | | | |
| | | 02VOC-02 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 02VOC-03 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 02VOC-04 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | Totales | 0,007 | 0,008 | 6390 | 1,133 | 1,285 |
| JE-031-VOR | 4 | 31VOR-01 | 0,003 | 0,004 | | | |
| | | 31VOR-02 | 0,007 | 0,007 | | | |
| | | 31VOR-03 | 0,002 | 0,003 | | | |
| | | 31VOR-04 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | Totales | 0,015 | 0,017 | 34490 | 0,435 | 0,485 |
| JE-006-VOR | 4 | 06VOR-01 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 06VOR-02 | 0,001 | 0,002 | | | |
| | | 06VOR-03 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 06VOR-04 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | Totales | 0,006 | 0,006 | 6960 | 0,792 | 0,813 |
| JE-014-VOC | 3 | 14VOC-01 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 14VOC-02 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | 14VOC-03 | 0,027 | 0,029 | | | |
| | | Totales | 0,028 | 0,031 | 6800 | 4,144 | 4,560 |
| JE-004-GA | 2 | 04GA-01 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | 04GA-02 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | Totales | 0,004 | 0,004 | 19980 | 0,182 | 0,187 |
| JE-008-GA | 2 | 08GA-01 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 08GA-02 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,002 | 0,002 | 6690 | 0,338 | 0,344 |
| JE-016-VOR | 2 | 16VOR-01 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | 16VOR-02 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | Totales | 0,004 | 0,004 | 6880 | 0,567 | 0,588 |
| JE-027-VOR | 2 | 27VOR-01 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | 27VOR-02 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | Totales | 0,002 | 0,002 | 36000 | 0,056 | 0,060 |
| JE-037-VOR | 2 | 37VOR-01 | 0,118 | 0,113 | | | |
| | | 37VOR-02 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,119 | 0,114 | 29390 | 4,048 | 3,884 |
| JE-014-SEL | 1 | 14SEL-01 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | Totales | 0,000 | 0,000 | 35915 | 0,012 | 0,012 |
| JE-006-VOC | 1 | 06VOC-01 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | Totales | 0,003 | 0,003 | 7205 | 0,393 | 0,388 |
| JE-008-VOC | 1 | 08VOC-01 | 0,005 | 0,005 | | | |
| | | Totales | 0,005 | 0,005 | 6305 | 0,730 | 0,771 |
| JE-011-VOC | 1 | 11VOC-01 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | Totales | 0,000 | 0,000 | 6600 | 0,000 | 0,000 |
| JE-002-BLL | 1 | 02BLL-01 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,001 | 0,001 | 6520 | 0,192 | 0,127 |
| JE-001-AP | 1 | 01AP-01 | 0,007 | 0,005 | | | |
| | | Totales | 0,007 | 0,005 | 5370 | 1,313 | 0,983 |
| JE-003-VOR | 1 | 03VOR-01 | 0,007 | 0,007 | | | |
| | | Totales | 0,007 | 0,007 | 8270 | 0,890 | 0,839 |
| JE-007-VOR | 1 | 07VOR-01 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | Totales | 0,000 | 0,000 | 6830 | 0,000 | 0,000 |

| Afloramiento | nº part | Partícula | FS c.calc | ED c. calc | Muestra | mg Tm-01 | mg Tm-02 |
|--------------|---------|-----------|-----------|------------|----------|----------|----------|
| | | | mg-01 | mg-02 | Total gr | | |
| JE-028-VOR | 1 | 28VOR-01 | 0,019 | 0,019 | | | |
| | | Totales | 0,019 | 0,019 | 32095 | 0,594 | 0,584 |
| JE-035-VOR | 1 | 35VOR-01 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | Totales | 0,002 | 0,002 | 28180 | 0,068 | 0,070 |
| JE-038-VOR | 1 | 38VOR-01 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | Totales | 0,003 | 0,003 | 30300 | 0,109 | 0,100 |
| JE-002-GA | 1 | 02GA-01 | 0,028 | 0,028 | | | |
| | | Totales | 0,028 | 0,028 | 19910 | 1,398 | 1,383 |
| JE-003-GA | 1 | 03GA-01 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,001 | 0,001 | 19910 | 1,398 | 1,383 |
| JE-006-GA | 1 | 06GA-01 | 0,002 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,002 | 0,001 | 7130 | 0,231 | 0,187 |
| JE-053-VOR | 1 | 053VOR-01 | 0,005 | 0,005 | | | |
| | | Totales | 0,005 | 0,005 | 15200 | 0,329 | 0,329 |
| JE-048-VOR | 15 | 048VOR-15 | 0,010 | 0,010 | | | |
| | | Totales | 0,010 | 0,010 | 12570 | 0,796 | 0,796 |

Pesos en mg de las partículas de oro obtenidas en los afloramientos del Holoceno y valores por Tm (sobre el peso total) en cada afloramiento.

| Afloramiento | nº part | Partícula | FS c.calc | ED c. calc | Muestra | mg Tm-01 | mg Tm-02 |
|--------------|---------|-----------|-----------|------------|----------|----------|----------|
| | | | mg-01 | mg-02 | Total gr | | |
| JE-008-AP | 11 | 08AP-01 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | 08AP-02 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | 08AP-03 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | 08AP-04 | 0,000 | 0,001 | | | |
| | | 08AP-05 | 0,007 | 0,007 | | | |
| | | 08AP-06 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | 08AP-07 | 0,004 | 0,004 | | | |
| | | 08AP-08 | 0,004 | 0,004 | | | |
| | | 08AP-09 | 0,002 | 0,001 | | | |
| | | 08AP-10 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | 08AP-11 | 0,012 | 0,013 | | | |
| | | Totales | 0,037 | 0,040 | 6660 | 5,557 | 6,041 |
| JE-009-VOR | 7 | 09VOR-01 | 0,010 | 0,010 | | | |
| | | 09VOR-02 | 0,006 | 0,007 | | | |
| | | 09VOR-03 | 0,007 | 0,009 | | | |
| | | 09VOR-04 | 0,003 | 0,004 | | | |
| | | 03VOC-02 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | 03VOC-03 | 0,003 | 0,004 | | | |
| | | 03VOC-04 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 03VOC-05 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,031 | 0,034 | 6740 | 4,894 | 5,556 |
| JE-005-BLL | 5 | 03VOC-01 | 0,003 | 0,004 | | | |
| | | 03VOC-02 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | 03VOC-03 | 0,003 | 0,004 | | | |
| | | 03VOC-04 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 03VOC-05 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,008 | 0,009 | 12310 | 0,675 | 0,743 |

Los minerales pesados del Mioceno de la fosa neógena del Vallès-Penedès
Caracterización, evaluación e hipótesis de procedencia

| Afloramiento | nº part | Partícula | FS c.calc | ED c. calc | Muestra | mg Tm-01 | mg Tm-02 |
|--------------|---------|-----------|-----------|------------|----------|----------|----------|
| | | | mg-01 | mg-02 | Total gr | | |
| JE-007-VOC | 4 | 07VOC-01 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | 07VOC-02 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | 07VOC-03 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | 07VOC-04 | 0,007 | 0,007 | | | |
| | | Totales | 0,012 | 0,012 | 8010 | 1,463 | 1,519 |
| JE-003-AP | 4 | 03AP-01 | 0,002 | 0,003 | | | |
| | | 03AP-02 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 03AP-03 | 0,001 | 0,002 | | | |
| | | 03AP-04 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | Totales | 0,008 | 0,009 | 7800 | 0,970 | 1,142 |
| JE-007-MAR | 2 | 07.MAR-01 | 0,002 | 0,003 | | | |
| | | 07.MAR-02 | 0,004 | 0,005 | | | |
| | | Totales | 0,007 | 0,007 | 5160 | 1,268 | 1,387 |
| JE-005-VOR | 2 | 05VOR-01 | 0,017 | 0,016 | | | |
| | | 05VOR-02 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | Totales | 0,019 | 0,018 | 7300 | 2,629 | 2,405 |
| JE-034-VOR | 2 | 34VOR-01 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | 34VOR-02 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,004 | 0,004 | 13100 | 0,285 | 0,276 |
| JE-021-VOR | 1 | 21VOR-01 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | Totales | 0,003 | 0,003 | 8820 | 0,314 | 0,337 |
| JE-004-AP | 1 | 04AP-01 | 0,004 | 0,004 | | | |
| | | Totales | 0,004 | 0,004 | 5715 | 0,626 | 0,613 |
| JE-005-AP | 1 | 05AP-01 | 0,028 | 0,028 | | | |
| | | Totales | 0,028 | 0,028 | 6960 | 4,005 | 4,055 |
| JE-019-VOR | 1 | 19VOR-01 | 0,016 | 0,015 | | | |
| | | Totales | 0,016 | 0,015 | 8130 | 1,908 | 1,900 |
| JE-030-VOR | 1 | 30VOR-01 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,001 | 0,001 | 27000 | 0,025 | 0,025 |
| JE-043-VOR | 1 | 43VOR-01 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,001 | 0,001 | 28000 | 0,029 | 0,026 |
| JE-049-VOR | 1 | 49VOR-01 | 0,002 | 0,002 | | | |
| | | Totales | 0,002 | 0,002 | 19115 | 0,105 | 0,105 |
| JE-052-VOR | 10 | 52VOR-01 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 52VOR-02 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | 52VOR-03 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 52VOR-04 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 52VOR-05 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 52VOR-06 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 52VOR-07 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | 52VOR-08 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | 52VOR-09 | 0,000 | 0,000 | | | |
| | | 52VOR-10 | 0,001 | 0,001 | | | |
| | | Totales | 0,007 | 0,007 | 22115 | 0,317 | 0,317 |
| JE-055-VOR | 12 | 55VOR-01 | 0,076 | 0,076 | | | |
| | | 55VOR-02 | 0,068 | 0,068 | | | |
| | | 55VOR-03 | 0,005 | 0,005 | | | |
| | | 55VOR-04 | 0,005 | 0,005 | | | |
| | | 55VOR-05 | 0,005 | 0,005 | | | |
| | | 55VOR-06 | 0,004 | 0,004 | | | |

| Afloramiento | nº part | Partícula | FS c. calc | ED c. calc | Muestra | mg Tm-01 | mg Tm-02 |
|--------------|---------|-----------|------------|------------|----------|----------|----------|
| | | | mg-01 | mg-02 | Total gr | | |
| JE-055-VOR | | 55VOR-07 | 0,004 | 0,004 | | | |
| | | 55VOR-08 | 0,004 | 0,004 | | | |
| | | 55VOR-09 | 0,004 | 0,004 | | | |
| | | 55VOR-10 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | 55VOR-11 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | 55VOR-12 | 0,003 | 0,003 | | | |
| | | Totales | 0,184 | 0,184 | 28170 | 6,532 | 6,532 |
| JE-010-VOR | 150 | Sondeo 4Q | 0,280 | 0,280 | | | |
| | | Totales | 0,280 | 0,280 | 47740 | 5,870 | 5,870 |
| JE-010-SEL | 9 | 10SEL-1/9 | 0,018 | 0,018 | | | |
| | | Totales | 0,018 | 0,018 | 8200 | 2,195 | 2,195 |
| JE-011-SEL | 4 | 11SEL-1/4 | 0,007 | 0,007 | | | |
| | | Totales | 0,007 | 0,007 | 7270 | 0,963 | 0,963 |
| JE-009-SEL | 1 | 09SEL-01 | 0,002 | 0,002 | 8000 | 0,250 | 0,250 |
| JE-004-SEL | 1 | 04SEL-01 | 0,003 | 0,003 | 20155 | 0,149 | 0,149 |

Situación de los afloramientos indicando los mg de oro estimados por Tm.

Teniendo en cuenta que en ningún caso estamos próximos a los valores de corte que se consideran para iniciar una prospección y que la mayor parte de las muestra se han obtenido de forma selectiva, para una mejor definición, los gráficos de abundancias (Fig.15-16), los representaremos con los valores de los pesos FS referidos a la fracción granulométrica inferior o igual a 1mm (Tablas: 07-08).

Tabla 07: Sombreados en verde los valores utilizados para los gráficos de abundancias del Mioceno

| Afloramiento | mg. Oro FS | Peso total mg | Peso ≤ 1 mm. mg | mg/Tm sobre total | mg/Tm sobre ≤ 1 mm | Situación |
|--------------|------------|---------------|-----------------|-------------------|--------------------|------------------------|
| JE-007-AP | 0,299 | 34630 | 24520 | 8,634 | 12,194 | Pas Les Piles-01 |
| JE-004-VOR | 0,041 | 7300 | 5060 | 5,616 | 8,103 | Lliça M. BV-1602 |
| JE-031-VOR | 0,015 | 34490 | 19910 | 0,435 | 0,753 | Esc.J.Pallerola i Roca |
| JE-004-BLL | 0,007 | 6390 | 2890 | 1,095 | 2,422 | Ullastrell BV-1202 |
| JE-009-VOC | 0,013 | 7320 | 3250 | 1,639 | 3,692 | Polinya C-155 |
| JE-014-VOC | 0,028 | 6800 | 3125 | 4,118 | 8,960 | St. Quirze BV-1413 |
| JE-006-VOR | 0,006 | 6960 | 3610 | 0,862 | 1,662 | Can Carreres |
| JE-004-GA | 0,004 | 19980 | 19896 | 0,200 | 0,201 | S. Mestre N-4 |
| JE-008-GA | 0,002 | 6690 | 6600 | 0,299 | 0,303 | Barraca del Bruno |
| JE-016-VOR | 0,004 | 6880 | 4060 | 0,581 | 0,985 | Can Mateu |
| JE-027-VOR | 0,002 | 36000 | 12950 | 0,056 | 0,154 | L'Azalea (St. Celoni) |
| JE-034-VOR | 0,004 | 13100 | 5170 | 0,305 | 0,774 | Terraza Can Diviu |
| JE-037-VOR | 0,119 | 29390 | 11370 | 4,049 | 10,466 | Cal Neiro-Gualba B. |
| JE-014-SEL | 0,000 | 35915 | 20155 | 0,000 | 0,000 | Cerámica J.Aragay |
| JE-006-VOC | 0,003 | 7205 | 2360 | 0,416 | 1,271 | Matadepera |
| JE-008-VOC | 0,005 | 6305 | 2765 | 0,793 | 1,808 | Can Colomer |
| JE-011-VOC | 0,000 | 6600 | 3820 | 0,000 | 0,000 | Castellbisbal |
| JE-002-BLL | 0,001 | 6520 | 4672 | 0,153 | 0,214 | O-V (B-120) Km.11 |
| JE-001-AP | 0,007 | 5370 | 2635 | 1,304 | 2,657 | Ca l'Artiges |
| JE-002-GA | 0,028 | 19910 | 18950 | 1,406 | 1,478 | S. Mestre N-2 |
| JE-003-GA | 0,001 | 19210 | 19189 | 0,052 | 0,052 | S. Mestre N-3 |
| JE-003-VOR | 0,007 | 8270 | 3940 | 0,846 | 1,777 | Can Ribes |
| JE-007-VOR | 0,000 | 6830 | 4170 | 0,000 | 0,000 | Coll de la Manya |
| JE-006-GA | 0,002 | 7130 | 4944 | 0,281 | 0,405 | S. Mestre N-6 |
| JE-028-VOR | 0,019 | 32095 | 26265 | 0,592 | 0,723 | L'Azalea (ST. Celoni) |
| JE-035-VOR | 0,002 | 28180 | 15930 | 0,071 | 0,126 | V. Sasserra-ca n'Agell |

| Afloramiento | mg. Oro FS | Peso total mgl | Peso ≤ 1 mm mg | mg/Tm sobre total | mg/Tm sobre ≤ 1 mm. | Situación |
|--------------|------------|----------------|---------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|
| JE-038-VOR | 0,003 | 30300 | 15680 | 0,099 | 0,191 | Gualba B-C251-60,6 |
| JE-010-VOR | 5,623 | 321635 | 221910 | 17,48 | 25,34 | Sodeos El Falgar |
| JE-048-VOR | 0,010 | 12570 | 7380 | 0,796 | 1,355 | Les Alzines (La Garriqa) |

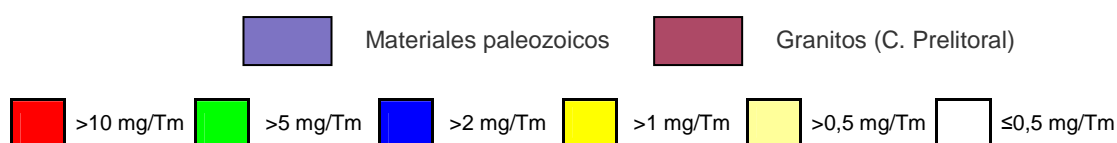
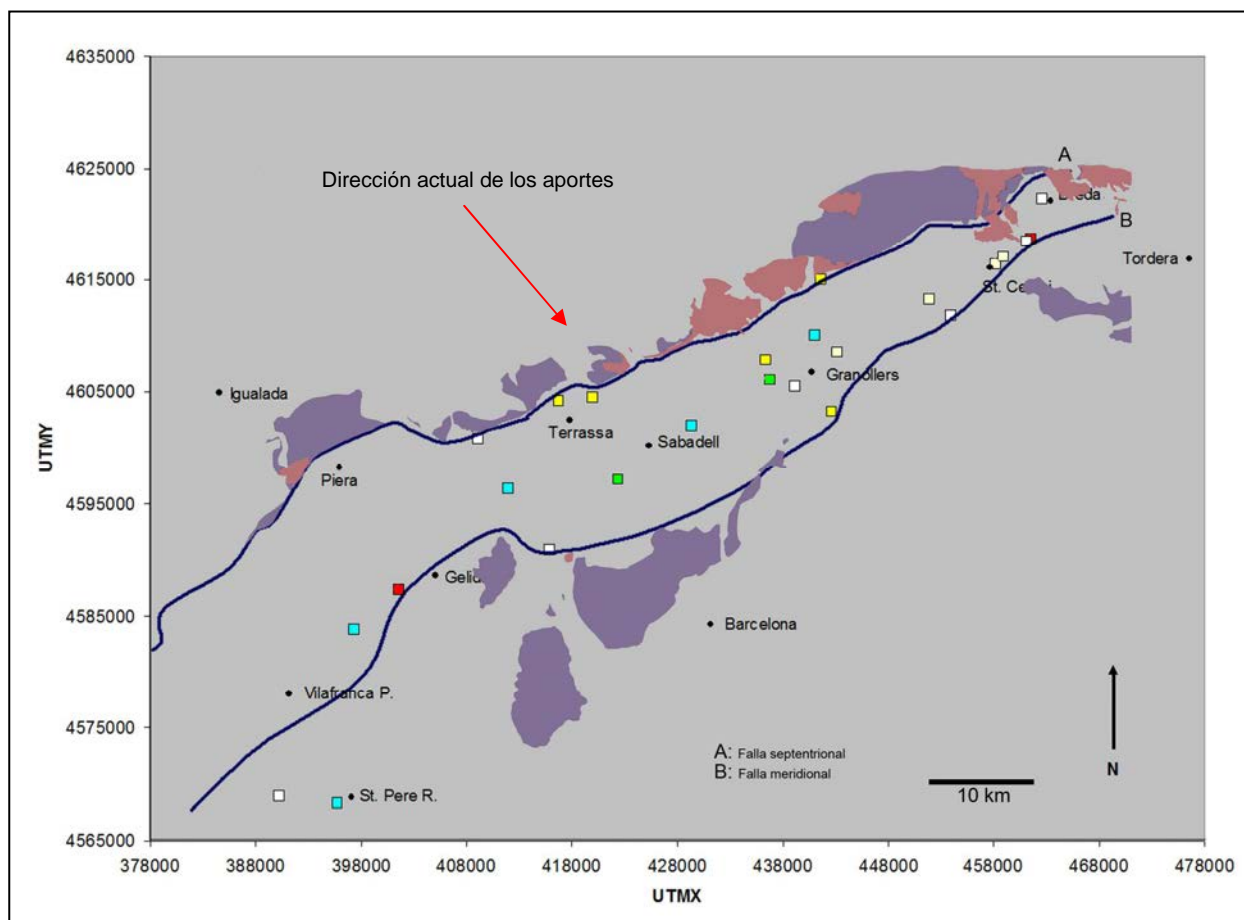


Fig. 15: Situación de los afloramientos del Mioceno indicando su porcentaje de oro por Tm en la fracción ≤ 1 mm.

La situación de los afloramientos miocénicos con una mayor abundancia de partículas de oro, si consideramos que las actuales direcciones de aporte son similares a las existentes durante ese período, parecen indicar que las áreas fuente estarían situadas en los relieves paleozoicos preexistentes próximos a la falla septentrional y especialmente en las zonas de contacto con las intrusiones graníticas.

Tabla 08: Sombreados en amarillo los valores utilizados para los gráficos de abundancias del Holoceno

| Afloramiento | mg. oro FS | Peso total mg | Peso ≤ 1 mm. mg | mg/Tm sobre total | mg/Tm sobre ≤ 1 mm | Situación |
|--------------|------------|---------------|----------------------|-------------------|-------------------------|-------------------|
| JE-008-AP | 0,037 | 6660 | 3920 | 5,557 | 9,442 | Pas Les Piles -02 |
| JE-009-VOR | 0,031 | 6740 | 4290 | 4,599 | 7,226 | Riera de Caldes |
| JE-005-BLL | 0,008 | 12310 | 2740 | 0,675 | 3,032 | Riera del Morral |
| JE-007-VOC | 0,012 | 8010 | 2765 | 1,463 | 4,239 | Riera Arenes |
| JE-010-VOR | 0,280 | 54740 | 14605 | 5,115 | 19,172 | Sodeos El Falgar |

| Afloramiento | mg. oro FS | Peso total mg | Peso ≤ 1 mm. mg | mg/Tm sobre total | mg/Tm sobre ≤ 1 mm | Situación |
|--------------|------------|---------------|-----------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|
| JE-003-AP | 0,008 | 7800 | 2635 | 0,970 | 2,872 | Río Bitlles |
| JE-007-MAR | 0,007 | 5160 | 1825 | 1,268 | 3,585 | Tordera-02 (2ª) |
| JE-021-VOR | 0,003 | 8820 | 3680 | 0,340 | 0,815 | Riera de Vallserena |
| JE-005-VOR | 0,019 | 7300 | 3710 | 2,629 | 5,173 | Lliça V./R. Tenes |
| JE-004-AP | 0,004 | 5715 | 1385 | 0,626 | 2,583 | Lavit – B. Pineda (Terraza) |
| JE-005-AP | 0,028 | 6960 | 3080 | 4,023 | 9,091 | La Rierussa |
| JE-019-VOR | 0,016 | 8130 | 3570 | 1,968 | 4,482 | Riera de Vallforners |
| JE-030-VOR | 0,001 | 27000 | 19910 | 0,025 | 0,034 | Tordera Can Marc |
| JE-043-VOR | 0,001 | 28000 | 15680 | 0,029 | 0,052 | Riera de Cànoves |
| JE-049-VOR | 0,002 | 19115 | 8250 | 0,105 | 0,242 | Torrent de la Mesquita-baix |
| JE-050-VOR | 0,005 | 21870 | 4170 | 0,229 | 1,199 | Torrent de la Mesquita-alt |
| JE-052-VOR | 0,007 | 22115 | 7450 | 0,317 | 0,940 | Torrent Can Pacual-baix |
| JE-053-VOR | 0,005 | 15200 | 3700 | 0,329 | 1,351 | Bosc Malhivern-antròpic |
| JE-055-VOR | 0,184 | 28170 | 8850 | 6,532 | 20,791 | Torrent de Malhivern+terrassa |

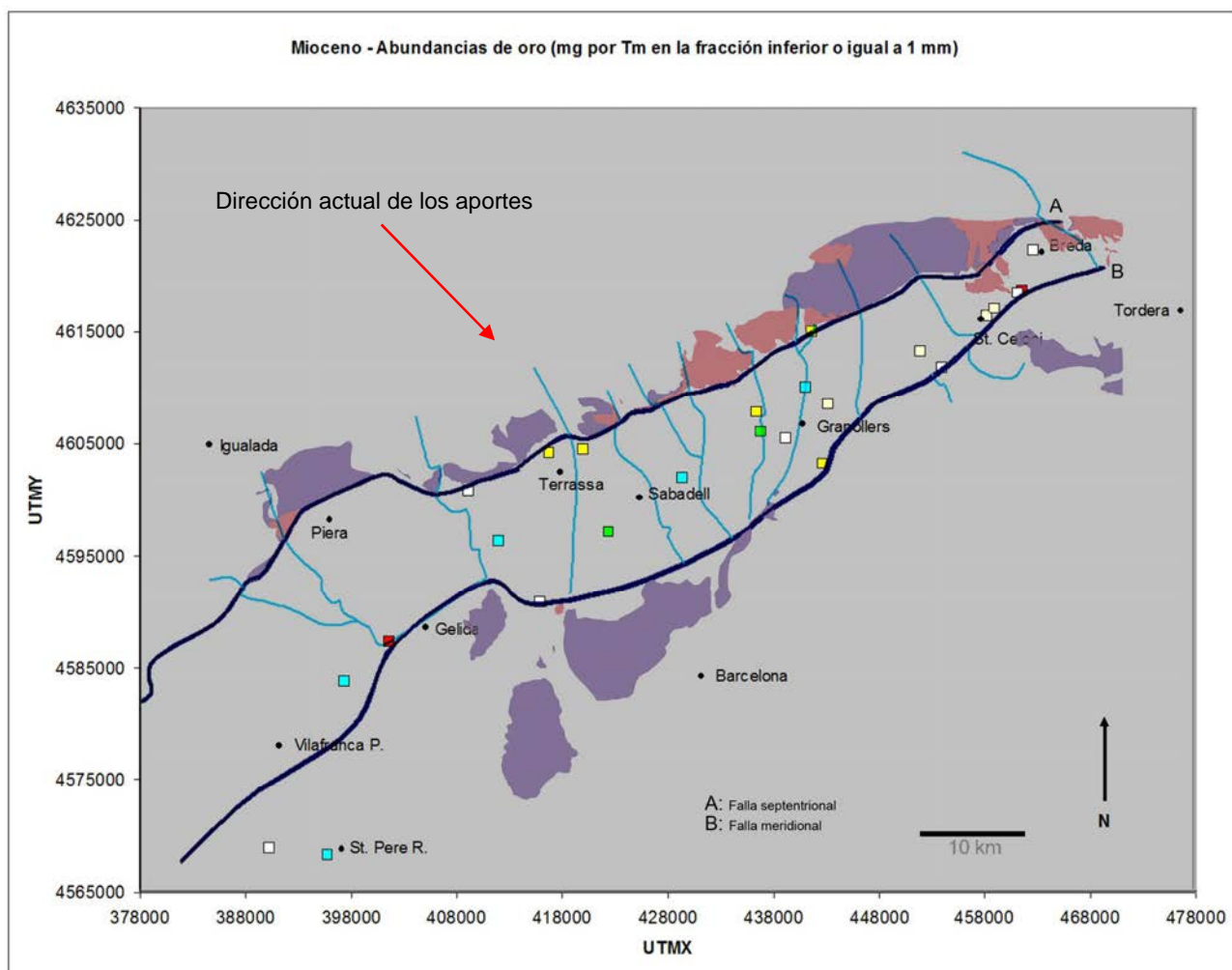


Fig. 16: Situación de las muestras del Holoceno indicando su porcentaje de oro por Tm en la fracción ≤ 1

Las mayores concentraciones de oro en los materiales del Holoceno más reciente, se localizan en puntos de los cauces fluviales que procedentes en su mayoría de los relieves paleozoicos y una vez superada la falla septentrional arrastran sedimentos miocénicos y reciben tributarios originados en los mismos.

En el desplegable de la página xx se puede consultar con detalle la situación de todos estos afloramientos así como la cartografía de los relieves antes citados. En el DVD adjunto, la leyenda que corresponde al mapa geológico 1:50.000 del ICG/IGME (2006) y que es común para toda la tesis.

Cuando sea próxima la posición de un afloramiento del Mioceno con otro del Holoceno más reciente y de ambos se hayan obtenido partículas de oro, compararemos la composición de las gravas y los minerales pesados de aquellas muestras, haciéndolo también con las se hayan obtenido a lo largo del cauce o las que estén aportando al mismo, aunque no lo contengan

En esta situación, y considerando el número partículas de oro obtenidas, se han agrupado algunos afloramientos para estudiarlos de forma conjunta (Tabla 09) (Fig. 17). El resto de afloramientos con presencia de partículas de oro se estudiarán posteriormente a esta tesis en dos grupos diferenciados: (a) Afloramientos del Mioceno y (b) Afloramientos del Holoceno más reciente. Ambos grupos se han separado por sectores de E a W indicando su proximidad a la falla septentrional (Tablas 10 y 11).

Tabla 09: Relación de los afloramientos que se estudiarán de forma conjunta

| Mioceno | | | Aporta al / la | Holoceno | | | Cauce fluvial de obtención |
|----------------------------------|------------------------|---------|----------------|--------------|---------------------|---------|----------------------------|
| Afloramiento | Situación | Nº part | | Afloramiento | Situación | Nº part | |
| Grupo 1 (Anoia - Bitlles) | | | | | | | |
| JE-005-AN | Cantera bòbiles | 0 | Río Anoia | JE-007-AN | T. de la Guinovarda | 0 | Río Anoia |
| JE-001-AN | Terrals de les Bòbiles | 0 | Río Anoia | JE-006-AN | Terraza el Bedorc | 0 | Río Anoia |
| JE-008-AN | Barranc de Can Mata | 0 | Río Anoia | JE-009-AN | La Fortesa | 0 | Río Anoia |
| JE-010-AP | Can Regata de Baix | 0 | Río Anoia | JE-004-AP | Terraza Lavit | 1 | Río Bitlles |
| JE-009-AP | St. Quintí de Mediona | 0 | Río Bitlles | JE-003-AP | Camí Cal cardús | 4 | Río Bitlles |
| JE-007-AP | Pas de les Piles | 10 | Río Anoia | JE-008-AP | Pas de les Piles | 11 | Río Anoia |
| Grupo 4 (Tenes) | | | | | | | |
| JE-004-VOR | Lliça de M. BV-1602 | 9 | RíoTenes | JE-005-VOR | Lliça de Vall | 2 | RíoTenes |
| JE-006-VOR | Can Carreras | 4 | RíoTenes | JE-001-VOR | Lliça d'Amunt | 0 | RíoTenes |
| JE-007-VOR | Coll de la Manya | 1 | RíoTenes | | | | |
| Grupo 2 (Morral) | | | | | | | |
| JE-004-BLL | Mas Valls | 5 | Ra.del Morral | JE-005-BLL | Can Flavià | 5 | Ra.del Morral |
| JE-013-VOC | Dep.Viladecavalls | 0 | Ra.del Morral | | | | |
| JE-010-VOC | B-120 km 8,5 | 0 | Ra.del Morral | | | | |
| Grupo 3 (Arenes) | | | | | | | |
| JE-006-VOC | St. Llorenç del M. | 1 | Ra. les Arenes | JE-007-VOC | Matadepera | 4 | Ra. les Arenes |
| Grupo 5 (Congost) | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| JE-010-VOR | El Falgar (Sondeos) | >300 | Río Congost | JE-050-VOR | Can Poi del Bosc | 4 | T. Mesquita |
| JE-048-VOR | La Garriga | 15 | Río Congost | JE-052-VOR | Can Pascual | 10 | T. Can Pascual |
| JE-053-VOR | Bosc de Malhivern | 1 | Río Congost | JE-055-VOR | Bosc de Malhivern | 12 | T. Malhivern |
| JE-018-VOR | Ca l'Aimeric | 0 | Río Congost | JE-008-VOR | Can Bosch | 0 | Río Congost |
| | | | | JE-049-VOR | La Garriga | 1 | T. Mesquita |

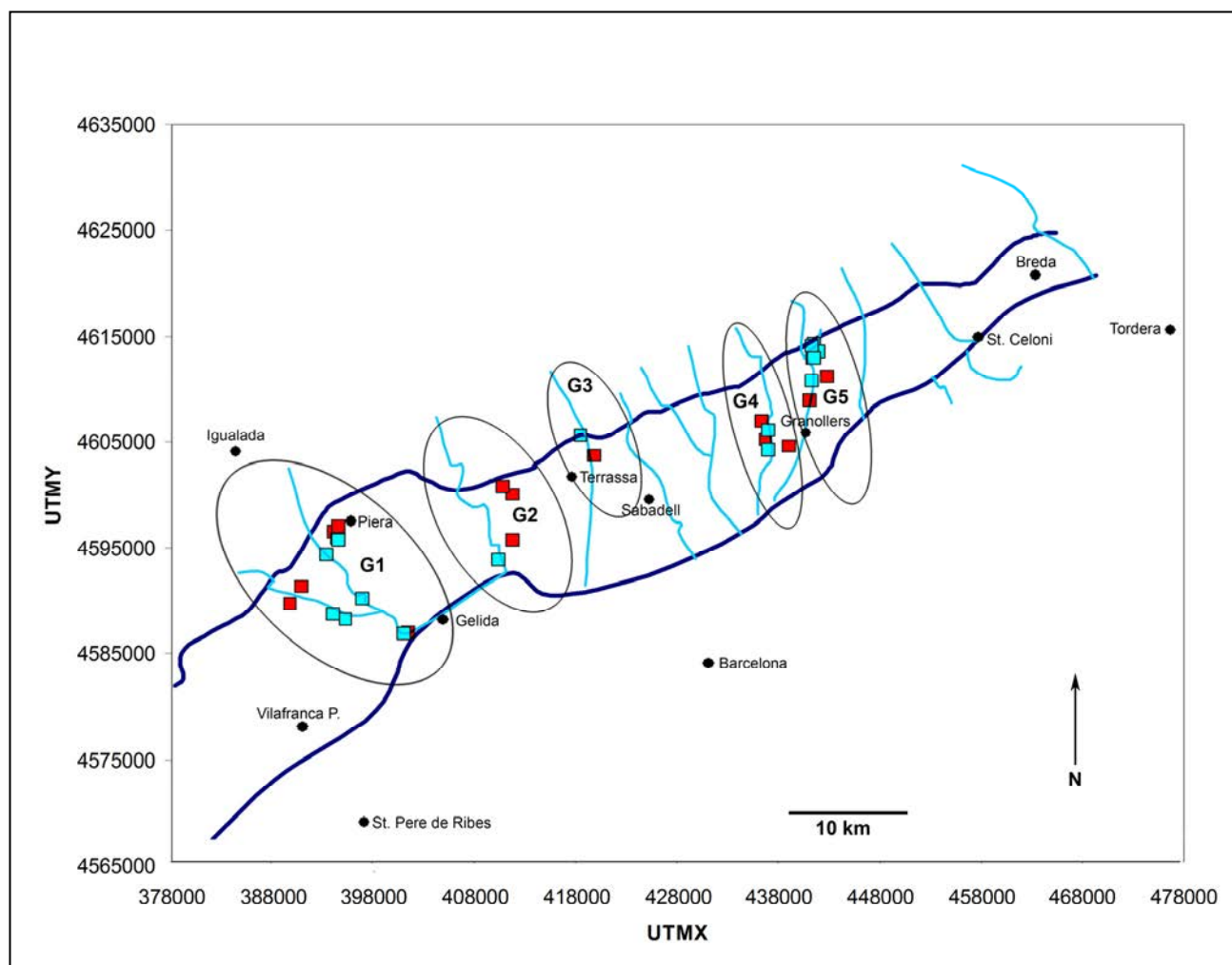


Fig. 17: Esquema con la situación de los grupos que se estudian de forma conjunta (Grupos del 1 al 5)

Tabla 10: Afloramientos del Mioceno con presencia de partículas de oro

| Mioceno | | | Código | Proximidad falla septentrional | Aporta sedimentos a | Cauce fluvial destino |
|---|-------------------------|---------|--------|--------------------------------|---------------------|-----------------------|
| Afloramiento | Situación | Nº part | | | | |
| Grupo m-1 (Sector entre la Riera de Arbucies y la parte alta Río Tordera) | | | | | | |
| JE-014-SEL | Cerámica de Breda | 1 | SMI | proximal | Ra. Breda | Río Tordera |
| JE-037-VOR | Cal Neiro (Gualba Baix) | 2 | SMI | distal | Río Tordera | Río Tordera |
| JE-038-VOR | Can Pla (Gualba Baix) | 1 | SMI | distal | Río Tordera | Río Tordera |
| JE-027-VOR | L'Azalea | 2 | SMI | distal | T. de Tellada | Río Tordera |
| JE-028-VOR | L'Azalea | 1 | SMI | distal | T. de Tellada | Río Tordera |
| JE-031-VOR | St. Celoni | 4 | SMI | distal | Ra. de Pertegàs | Río Tordera |

| Mioceno | | | Código | Proximidad falla septentrional | Aporta sedimentos a | Cauce fluvial destino |
|--------------|-----------|---------|--------|-----------------------------------|------------------------|-----------------------|
| Afloramiento | Situación | Nº part | | | | |

Grupo m-2 (Sector entre la parte alta del Río Tordera y el Río Congost)

| | | | | | | |
|------------|------------------|---|-----|--------|------------------|------------|
| JE-035-VOR | Vilalba Sasserra | 1 | SMI | distal | Río Mogent | Río Mogent |
| JE-016-VOR | Can Mateu | 2 | SMI | distal | T. de Valloriolf | Río Mogent |
| JE-003-VOR | Can Ribes | 1 | SMI | distal | Río Mogent | Río Mogent |

Grupo m-3 (Sector entre la Riera de Caldes y el Río Llobregat)

| | | | | | | |
|------------|---------------------|---|-----|----------|-----------------|-------------------|
| JE-009-VOC | Can Serra (Polinya) | 8 | SMI | media | Ra. de Polinya | Río Besòs |
| JE-008-VOC | Can Colomer | 1 | SMI | proximal | T. Can Colomer | Transv. Llobregat |
| JE-011-VOC | Pol. Los Herreros | 1 | SMI | distal | Ra. De Rubí | Río Llobregat |
| JE-002-BLL | Olesa B-120 km 10,5 | 1 | SMI | proximal | Ra. Canyamassos | Río Llobregat |
| JE-014-VOC | St. Quirze | 3 | SMI | media | Río Ripoll | Río Besòs |

Grupo m-4 (Sector entre el Río Llobregat y la Depresión Central Catalana)

| | | | | | | |
|-----------|---------------|---|-----|--------|----------------|-----------|
| JE-001-AP | Ca l'Artigues | 1 | SMI | distal | Ra. de Lavernó | Río Anoia |
|-----------|---------------|---|-----|--------|----------------|-----------|

Grupo m-5 (Fosa de Vilanova)

| | | | | | | |
|-----------|-------------------|---|-----|----|-----------------|------------------|
| JE-002-GA | St. Pere de Ribes | 1 | SMI | no | Ra. de Ribes | Mar Mediterráneo |
| JE-003-GA | St. Pere de Ribes | 1 | SMI | no | Ra. de Ribes | Mar Mediterráneo |
| JE-004-GA | St. Pere de Ribes | 2 | SMI | no | Ra. de Ribes | Mar Mediterráneo |
| JE-005-GA | St. Pere de Ribes | 1 | SMI | no | Ra. de Ribes | Mar Mediterráneo |
| JE-006-GA | St. Pere de Ribes | 1 | SMI | no | Ra. de Ribes | Mar Mediterráneo |
| JE-008-GA | Barraca del Bruno | 2 | SMI | no | T. de Sant Joan | Mar Mediterráneo |

Tabla 11: Afloramientos del Holoceno con presencia de partículas de oro

| Holoceno | | | Código | Proximidad falla septentrional | Cauce fluvial de obtención | Tributario de |
|--------------|-----------|---------|--------|-----------------------------------|----------------------------|---------------|
| Afloramiento | Situación | Nº part | | | | |

Grupo h-1 (parte alta del Río Tordera)

| | | | | | | |
|------------|----------|---|--------|----------|------------------------|-------------|
| JE-030-VOR | Can Marc | 1 | GRPAMI | proximal | parte alta Río Tordera | Río Tordera |
|------------|----------|---|--------|----------|------------------------|-------------|

Grupo h-2 (Sector entre la parte alta del Río Tordera y el Río Congost)

| | | | | | | |
|------------|----------------------|---|----------|----------|-----------------------|------------|
| JE-034-VOR | Terraza T. Can Diviu | 2 | GRMI/TRR | distal | Junto T. de Can Diviu | Río Mogent |
| JE-043-VOR | Cànoves | 1 | GRPAMI | proximal | Riera de Cànoves | Río Mogent |
| JE-021-VOR | Can Collet | 1 | GRMI | distal | Riera de Vallserena | Río Mogent |
| JE-019-VOR | Cardedeu | 1 | GRMI | distal | Riera de Vallfornès | Río Mogent |

Grupo m-3 (Sector entre la Riera de Caldes y el Río Llobregat)

| | | | | | | |
|------------|----------|---|--------|----------|-----------------|-----------|
| JE-009-VOR | Can Roca | 7 | GRPAMI | proximal | Riera de Caldes | Río Besòs |
|------------|----------|---|--------|----------|-----------------|-----------|

Grupo m-4 (Sector entre el Río Llobregat y la Depresión Central Catalana)

| | | | | | | |
|-----------|--------|---|------|--------|-------------------|-----------|
| JE-005-AP | Gelida | 1 | GRMI | distal | T. de la Rierussa | Río Anoia |
|-----------|--------|---|------|--------|-------------------|-----------|

Morfología

Cálculo de los parámetros morfométricos

Una vez definido y aplicado el concepto de diámetro equivalente (**ED**), expondremos las fórmulas que se van a utilizar para el cálculo de los parámetros morfométricos de las partículas de oro.

IA: Índice de aplanamiento (Cailleux, 1945). Es un factor de forma para comparar y caracterizar las partículas de oro de placer.

En realidad esta propiedad no mide el aplanamiento sino que es una inversa de la esfericidad (Spalletti & Llunch, 1972):

$$IA = (a + b) / 2c$$

Varia entre 1 (mínimo aplanamiento o máxima esfericidad) e ∞ (máximo aplanamiento o mínima esfericidad).

El índice de aplanamiento aumenta gradualmente con el aumento de la distancia de transporte aguas abajo. Por ejemplo, un IA=2 es típico de partículas de oro muy próximas al área fuente, mientras que un IA=45 refleja partículas que han sido transportadas a varias decenas de kilómetros

SFC: Factor de forma de Corey (Corey, 1949) - Esfericidad o redondez.

$$SFC = c / \sqrt{a * b}$$

El aplanamiento de las partículas es mayor cuanto menor sea su SFC (Giusti, 1986), luego, pequeños factores de forma de Corey son indicativos de partículas altamente aplanadas, mientras que los valores cercanos a la unidad corresponden a partículas prácticamente esféricas que han sufrido un menor transporte.

Tanto el aplanamiento (IA) como la redondez (SFC) aumentan rápidamente en los primeros 3 km a partir del área fuente. Después de 5 km el aplanamiento continúa aumentando lentamente, mientras que la redondez permanece esencialmente sin cambios (Herail *et al.*, 1989; Loen 1995; Wierchowicz 2002; Youngson *et al.*, 2002...). La redondez es un estimador más sensible para distancias de menos de 5 km y menos confiable que el aplanamiento para distancias superiores a 5-10 km.

Estimación de distancias al área fuente

McClenaghan and Cabri (2011), a partir de los datos de Townley *et al.* (2003), describen la morfología de las partículas de oro en función de su distancia al área fuente, e indican, unos valores estimados del índice de aplanamiento (IA) que reproducimos en la (Fig. 18).






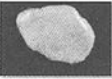

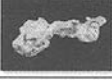
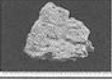
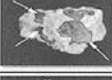

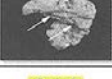

| Distance to the source | 0-50 m | 50-300 m | > 300 m |
|--------------------------|--|---|---|
| General shape |  |  |  |
| Outline |  |  |  |
| Surface |  |  |  |
| Primary crystal imprints |  | Diffuse Evidences | Absent |
| Associated minerals | Quartz and Fe Oxides  | Fe Oxides  | Limonites  |
| Flatness index | 1-3.6 | 2.1-6 | 3.0-7.5 |

Fig. 18: Townley *et al.*, 2003

Los valores propuestos por estos autores, se obtuvieron para su zona de estudio, en un entorno geológico concreto y unas condiciones de devastación y transporte específicas.

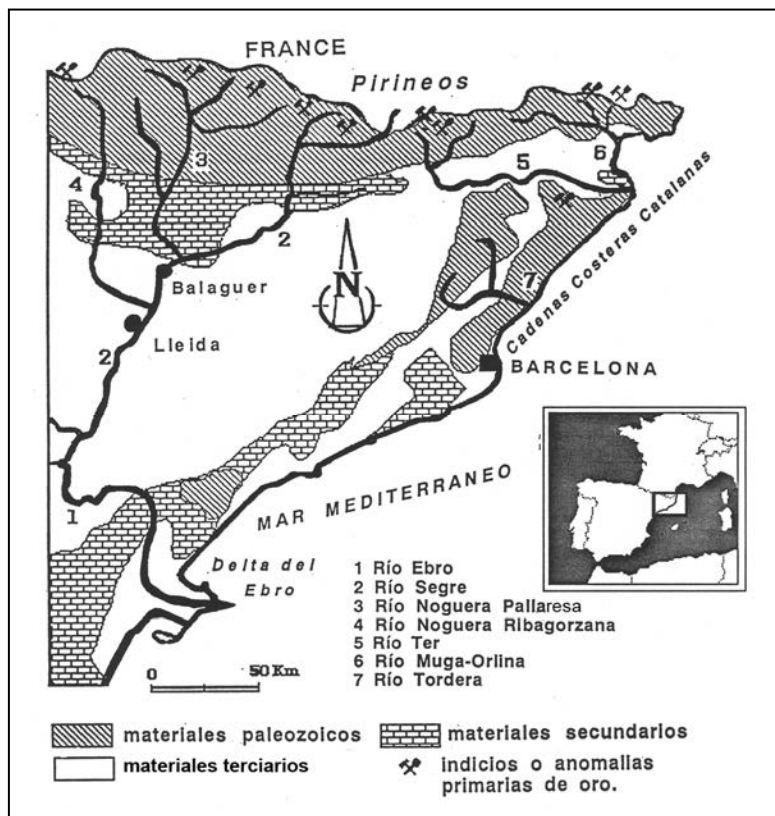
En otras zonas se pueden considerar como orientativos, especialmente para las cortas distancias. Para las grandes distancias observamos una indefinición, dado que para un valor de IA de: (3,0-7,5), con la sola indicación de >300m, y sin que se proponga un método para una mejor estimación, no se puede obtener de forma razonable la relación entre el índice de aplanamiento y la distancia a las áreas fuente.

En los próximos apartados, que están dedicados a la presentación y estudio de los parámetros morfométricos, así como a la estimación de las distancias al área fuente de los afloramientos de nuestra zona, en los gráficos correspondientes a los valores del IA, se incorporaran estos valores como un elemento informativo.

Cálculo de los valores de IA y SFC - Simulación previa efectuada en un afloramiento conocido

M. Viladevall et al. (1991), en el artículo "Los placeres auríferos de la llanura aluvial del río Segre y delta del río Ebro (NE de la Península Ibérica)" indican que los principales aportes de oro los realiza el río Noguera Pallaresa, que el origen de dicho oro debería situarse en los materiales turbidíticos del Ordovícico Superior y del Silúrico-Devónico, así como en *skarns* y filones de arsenopirita-oro tardihercínicos, situándose la mayor acumulación en la llanura aluvial del Segre.

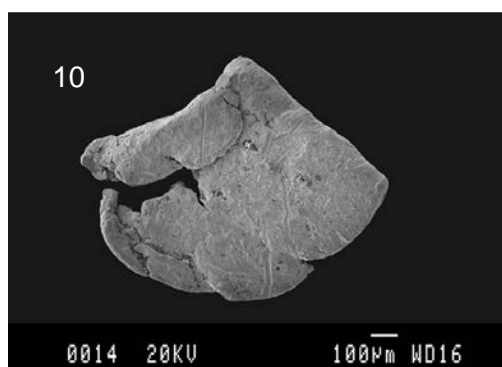
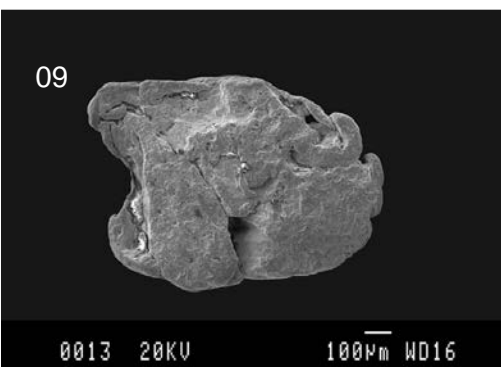
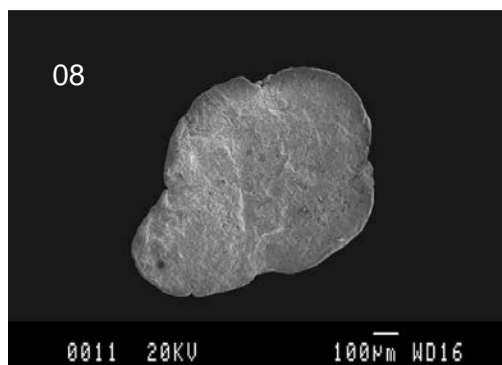
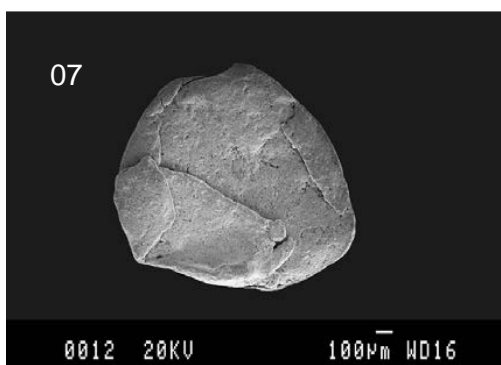
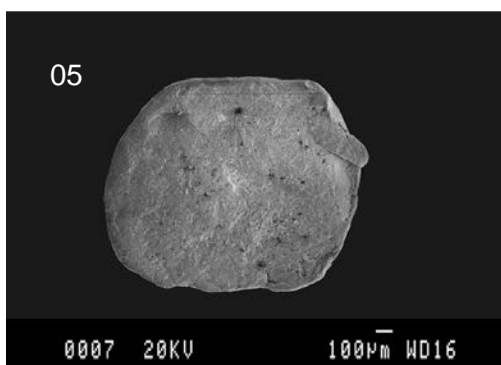
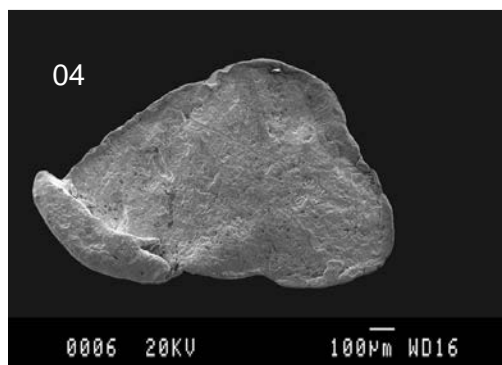
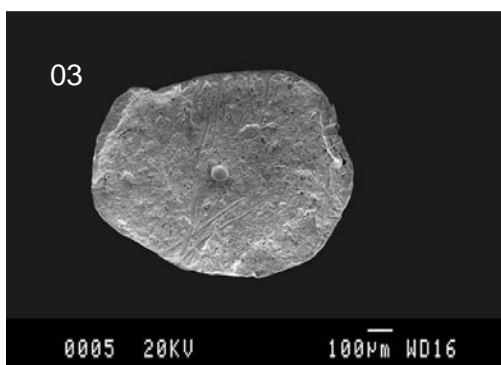
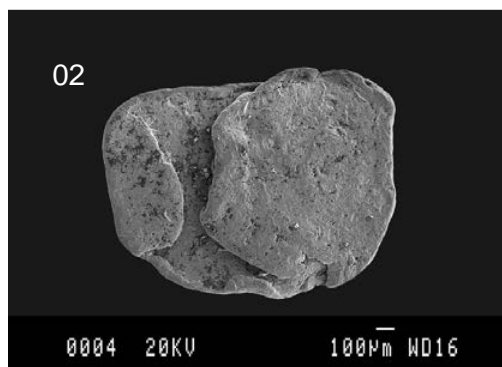
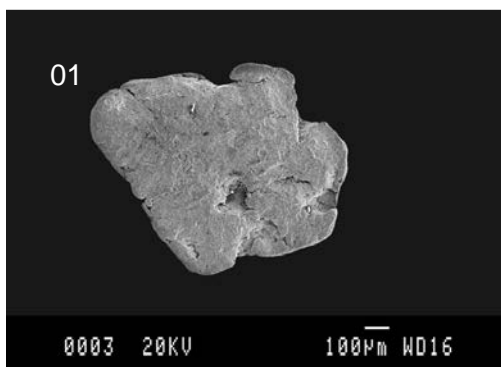
En el esquema geológico que adjunta el artículo (Fig. 19) podemos observar que la distancia desde los llanos de Balaguer a las posibles áreas fuente es superior a los 100km.



Conocida esta distancia, se han calculado los valores de IA y SFC para diez partículas separadas de las gravas de una terraza de la llanura aluvial del río Segre (gravera El Corb, UTMX: 314079E - UTM Y: 4625198N), que denominaremos (SOR-01 a SOR-10), con el fin de comparar estos valores con los obtenidos para las partículas de nuestra zona de estudio.

Para el cálculo de los parámetros morfométricos se han utilizado los procedimientos descritos en los apartados anteriores. Considerando para el eje C el valor máximo.

Partículas de oro que se analizan correspondientes al afloramiento SOR - El Corb (Balaguer)



Inicialmente, se representa el diagrama de Zingg-Krumbein para determinar a que dominio morfológico pertenece cada partícula (Fig.20).

En la (Tabla 12) se relacionan los valores utilizados.

Tabla 12: Valores utilizados para representar el diagrama de Zingg-Krumbein considerando el eje C en su valor máximo como grueso de la partícula.

| Partícula | A+ (µm) | B+ (µm) | C+ (µm) | B/A | C/B |
|-----------|-----------|-----------|---------|------|------|
| SOR-01 | 1042,4610 | 785,5500 | 150 | 0,75 | 0,19 |
| SOR-02 | 1510,2560 | 1120,1790 | 182 | 0,74 | 0,16 |
| SOR-03 | 1045,0980 | 837,2550 | 98 | 0,80 | 0,12 |
| SOR-04 | 1390,1280 | 844,3000 | 138 | 0,61 | 0,16 |
| SOR-05 | 1465,7140 | 1234,2860 | 96 | 0,84 | 0,08 |
| SOR-06 | 920,8930 | 889,9630 | 90 | 0,97 | 0,10 |
| SOR-07 | 1394,1290 | 1263,1650 | 140 | 0,91 | 0,11 |
| SOR-08 | 1060,5390 | 780,2910 | 62 | 0,74 | 0,08 |
| SOR-09 | 951,6340 | 755,2370 | 138 | 0,79 | 0,18 |
| SOR-10 | 824,6730 | 739,2820 | 114 | 0,90 | 0,15 |

Caracterización morfológica de las partículas de oro de El Corb (Balaguer) - afloramiento SOR (c máximo)

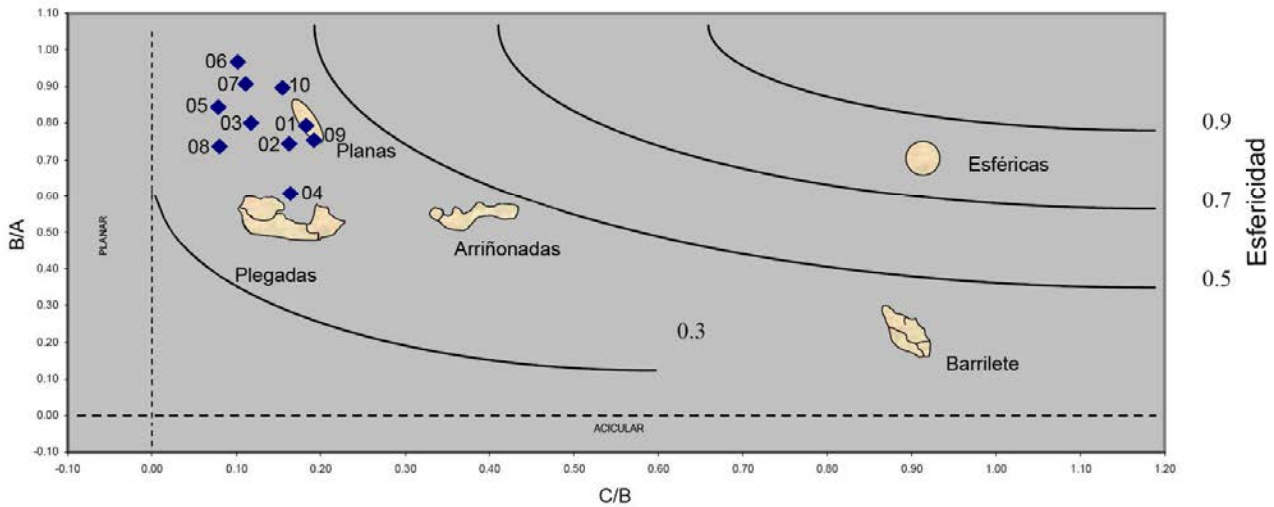


Fig. 20: Diagrama de Zingg-Krumbein (modificado Viladevall, 1991). Siendo A el diámetro mayor, B el diámetro mayor perpendicular y C el grosor de la partícula. En ordenadas a la derecha los valores de esfericidad de Krumbein.

Se observa en el diagrama que estas partículas se sitúan en sector correspondiente a las morfologías planas y plegadas.

Todas las partículas presentan bordes redondeados, no hay formas de gancho (hookets), ni superficies policristalinas.

Las partículas 03,05 y 06 inician pliegues, la 08 es plana, la 04 es plana y presenta un borde con un pliegue muy elevado, la 02 y 07 están plegadas y son gruesas y aplanadas, la 01, 09 y 10 están replegadas, aplanadas y deformadas.

Todas estas características morfológicas indican un transporte prolongado, y por tanto, apuntan a unas áreas fuente distantes.

Para estimar las distancias al área fuente calcularemos los valores de IA y SFC para cada partícula de este afloramiento, utilizando inicialmente el valor de **C máximo** (Tabla 13).

Tabla 13: Valores utilizados para el cálculo IA y SFC (valor de C máximo)

| Sedimento | Afloramiento | Partícula | C-max | C-max |
|----------------|--------------|-----------|--------|-------|
| | | | SFC | IA |
| Terrazas | El Corb | SOR-01 | 0,1658 | 6,09 |
| Terrazas | El Corb | SOR-02 | 0,1399 | 7,23 |
| Terrazas | El Corb | SOR-03 | 0,1048 | 9,60 |
| Terrazas | El Corb | SOR-04 | 0,1274 | 8,10 |
| Terrazas | El Corb | SOR-05 | 0,0714 | 14,06 |
| Terrazas | El Corb | SOR-06 | 0,0994 | 10,06 |
| Terrazas | El Corb | SOR-07 | 0,1055 | 9,49 |
| Terrazas | El Corb | SOR-08 | 0,0682 | 14,85 |
| Terrazas | El Corb | SOR-09 | 0,1628 | 6,18 |
| Terrazas | El Corb | SOR-10 | 0,1460 | 6,86 |
| Valor promedio | | SOR-PR | 0,1191 | 9,25 |

Se representan en gráficos de barras los valores obtenidos para SFC (Fig.21) e IA (Fig.22) con señalizaciones de carácter informativo que estiman la posible distancia de cada partícula al área fuente

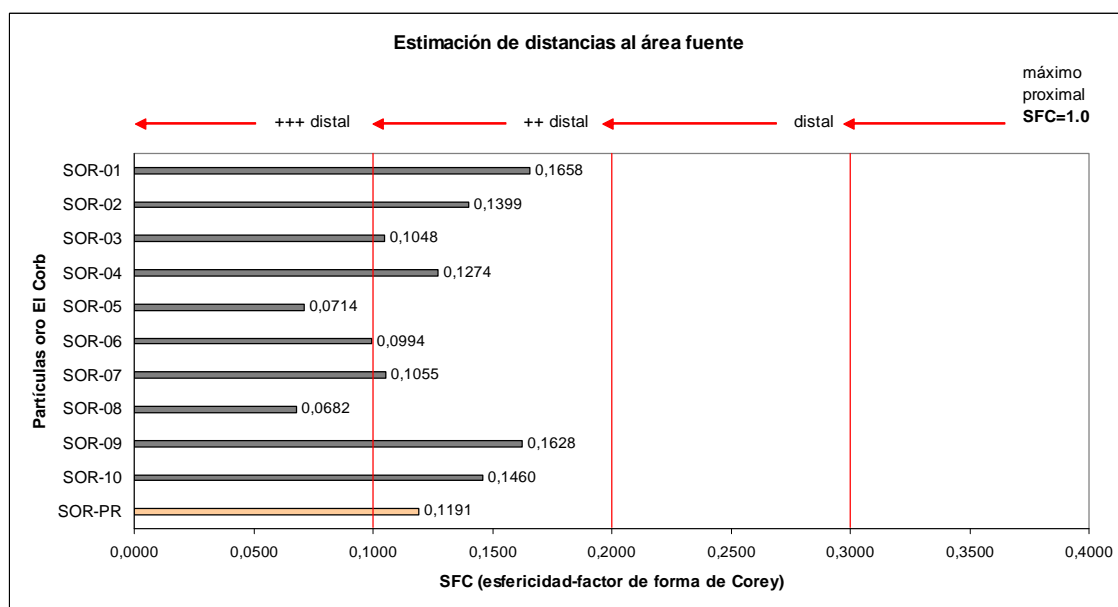


Fig.21: Valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas SOR-01 a SOR-10, considerando en el cálculo el valor máximo del eje C.

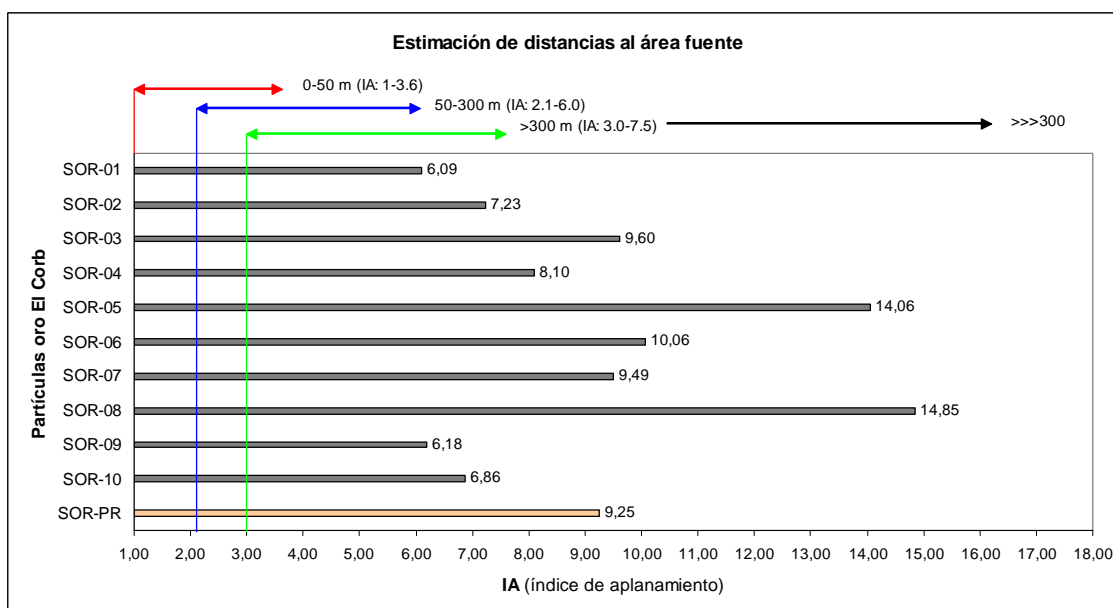


Fig.22: Valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas SOR-01 a SOR-10, considerando en el cálculo el valor máximo del eje C. Se representan en líneas de color las distancias propuestas por Townley et al. (2003).

En las figuras 21 y 22 se observan valores para IA de hasta 14,85 (promedio 9,25) y para SFC no superiores a 0,1658 (promedio 0,1191), que confirman una distancia importante a las áreas fuente.

En el supuesto de que las diez partículas analizadas procedan de una misma área fuente, se hace necesario encontrar la explicación a una heterogeneidad de valores tan elevada (6,09 hasta 14,85 en IA) y (0,1658 a 0,0682 en SFC).

Sin descartar la presencia de paleoplaceres (que pueden aportar partículas ya plegadas), la posible procedencia del río Segre (con mayor recorrido), ni la influencia del tipo de roca matriz (caso de estar incluidas), esta heterogeneidad, creemos está provocada por la aplicación del valor máximo de C en el cálculo de los parámetros morfométricos de todas las partículas, sin tener en cuenta la morfología de cada una de ellas.

Una partícula con los bordes muy redondeados, dos o más pliegues (Fig.23) e incluso otras deformaciones, ha estado sometida a un transporte importante, por tanto no podemos considerar para el cálculo del IA y del SFC un valor para el aje C resultante de la suma del grueso de varios pliegues o de la altura de los bordes de la partícula, dado que cuando se aumenta el valor de C disminuye la estimación de proximidad.

En estos casos se debe tener en cuenta el valor de C que correspondería al grueso del aplanamiento debido al transporte (C mínimo). La presencia de los pliegues y las deformaciones, son un factor de incremento de la distancia, y no al contrario, dado que, aunque algunos han podido iniciarse durante el aplanamiento, se producen más adelante.

Cuando la superficie de aplanamiento es perfectamente observable pero se presenta irregular, aplicaremos el **C calculado**.

Para las partículas replegadas y posteriormente aplanadas, en donde no se pueda observar la superficie de aplanamiento inicial (Fig.24), estimaremos un valor de C (deducido a criterio: **Ce**) en función de su morfología.

De no tener los elementos necesarios para estimar este valor, es mejor no considerar la partícula.

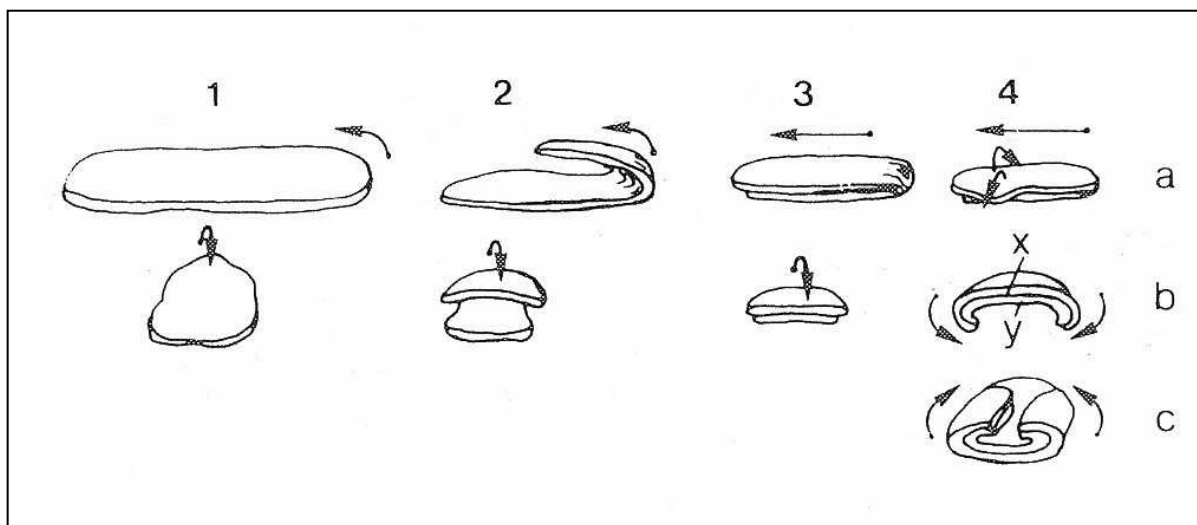


Fig. 23: Secuencia de las cuatro etapas principales (1 a 4) de la evolución de una partícula de oro en un placer: (a) vista lateral, (b) vista frontal, (c) vista inferior. (Giusti, 1986)

El grueso del máximo aplanamiento en a-1 daría lugar al eje **C mínimo**. En a-3 se dobla el grueso de la partícula, y así sucesivamente hasta el esquema c.

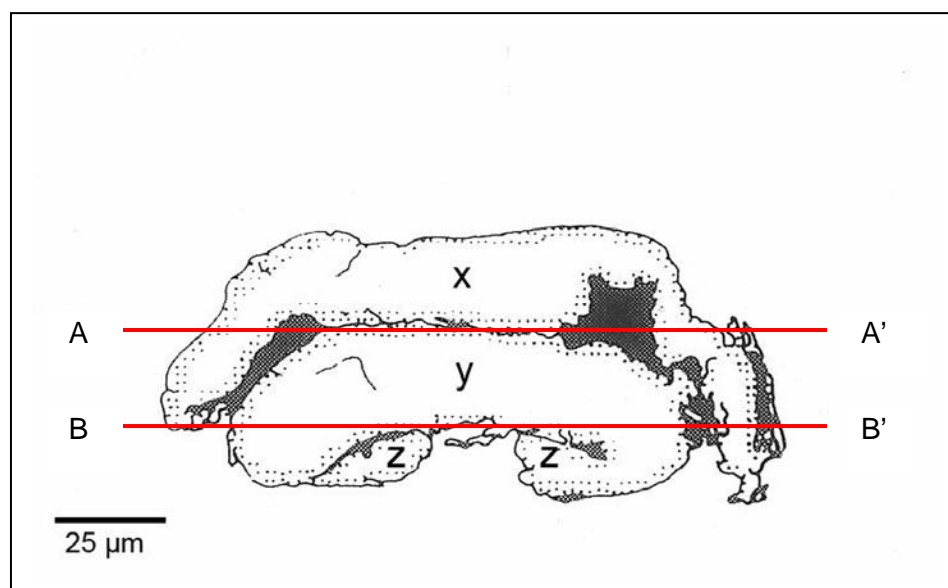


Fig.24: Sección virtual de una partícula replegada i ligeramente aplanada donde se aprecian tres niveles x-y-z. La separación entre A-A' y B-B' se puede considerar en esta caso como el grosor del eje C (deducido a criterio), que denominaremos **Ce**.

De acuerdo con estos razonamientos, se detallan las características morfológicas que se han tenido en cuenta para la elección del valor de **C** aplicable para cada partícula en esta simulación. Se utilizará el mismo procedimiento con las de nuestra zona de estudio.

| Valor aplicable - Ce | Partículas | Características morfológicas consideradas |
|-----------------------------|------------|---|
| C mínimo | 02-07 | Plegadas con aplanamiento observable |
| C mínimo | 04 | Plana con repliegue lateral muy acusado |
| C calculado | 03-05-06 | Planas irregulares con inicio de pliegues |
| C deducido | 01-09-10 | Replegadas, aplanadas y deformadas |
| C máximo | 08 | Plana con los bordes muy ligeramente levantados |

Estimación de valores para las partículas 01-09-10.

Ce para 01 (un pliegue) = $C+ / 2 = 150 / 2 = 75 \mu\text{m}$ - Nuevos valores: **SFC= 0,0829, IA: 12,19**
Ce para 09 (un pliegue) = $C+ / 2 = 138 / 2 = 69 \mu\text{m}$ - Nuevos valores: **SFC= 0,0814, IA: 12,37**
Ce para 10 (un pliegue) = $C+ / 2 = 114 / 2 = 57 \mu\text{m}$ - Nuevos valores: **SFC= 0,0730, IA: 13,72**

De acuerdo con estos criterios se seleccionan de la Tabla 14, los valores a utilizar para elaborar los nuevos gráficos de SFC (Fig.25) e IA (Fig.26) correspondientes a las partículas SOR-01 a SOR-10 que conforman esta simulación.

Tabla 14: En números azules los valores escogidos. En las columnas **C selecc** (color verde), se relacionan los valores utilizados para la confección de los gráficos.

| Partícula | C+/Ce (μm) | C+/Ce | C+/Ce | C calc (μm) | C calc | C calc | C- (μm) | C- | C- | C selecc | C selecc |
|-----------|---|--------|-------|-----------------------------|--------|--------|----------------------|--------|-------|----------|----------|
| | | SFC | IA | | SFC | IA | | SFC | IA | SFC | IA |
| SOR-01 | 150/75 | 0,0829 | 12,19 | 114 | 0,1260 | 8,02 | 96 | 0,1359 | 9,52 | 0,0829 | 12,19 |
| SOR-02 | 182 | 0,1399 | 7,23 | 130 | 0,0882 | 11,46 | 68 | 0,0764 | 20,23 | 0,0764 | 20,23 |
| SOR-03 | 98 | 0,1048 | 9,60 | 78 | 0,0834 | 12,07 | 68 | 0,0887 | 13,84 | 0,0834 | 12,07 |
| SOR-04 | 138 | 0,1274 | 8,10 | 79 | 0,0729 | 14,14 | 68 | 0,0951 | 16,43 | 0,0951 | 16,43 |
| SOR-05 | 96 | 0,0714 | 14,06 | 82 | 0,0610 | 16,46 | 82 | 0,0662 | 16,46 | 0,0610 | 16,46 |
| SOR-06 | 90 | 0,0994 | 10,06 | 81 | 0,0895 | 11,18 | 76 | 0,0917 | 11,91 | 0,0895 | 11,18 |
| SOR-07 | 140 | 0,1055 | 9,49 | 96 | 0,0782 | 12,80 | 68 | 0,0720 | 19,21 | 0,0720 | 19,21 |
| SOR-08 | 62 | 0,0682 | 14,85 | 58 | 0,0638 | 15,87 | 52 | 0,0627 | 17,70 | 0,0682 | 14,85 |
| SOR-09 | 138/69 | 0,0814 | 12,37 | 118 | 0,1392 | 7,23 | 72 | 0,1239 | 11,85 | 0,0814 | 12,37 |
| SOR-10 | 114/57 | 0,0730 | 13,72 | 102 | 0,1306 | 7,67 | 82 | 0,1255 | 9,54 | 0,0730 | 13,72 |
| SOR-PR | Promedio de los valores seleccionados (números rojos) | | | | | | | | | 0,0783 | 14,87 |

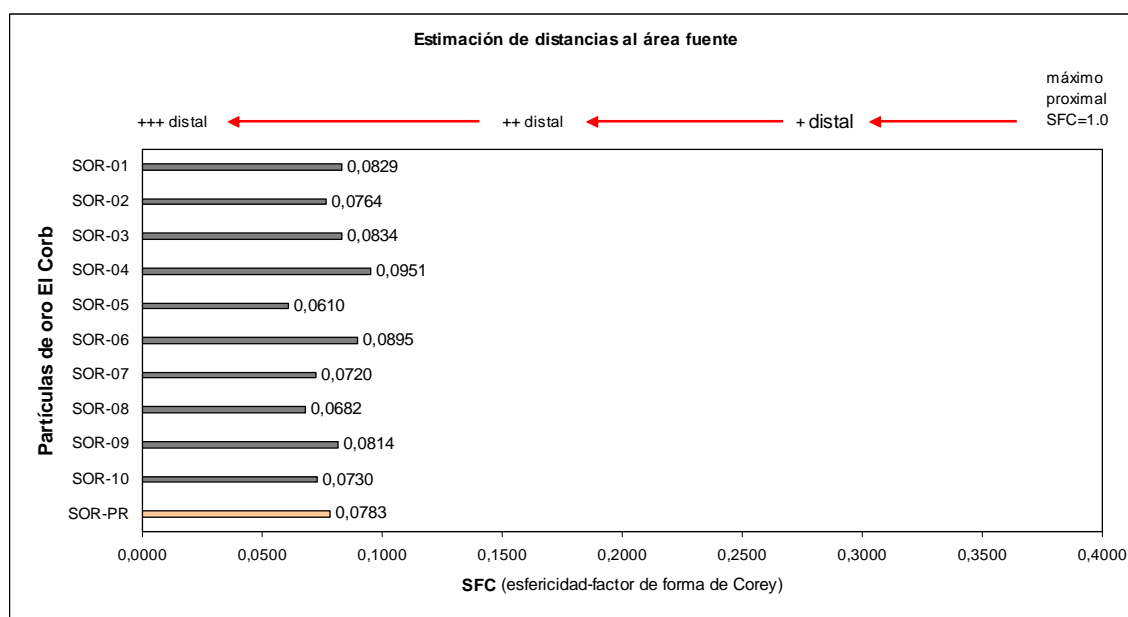


Fig. 25: Valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas SOR-01 a SOR-10, considerando los nuevos criterios establecidos. Las flechas indicadoras de las distancias son de carácter orientativo.

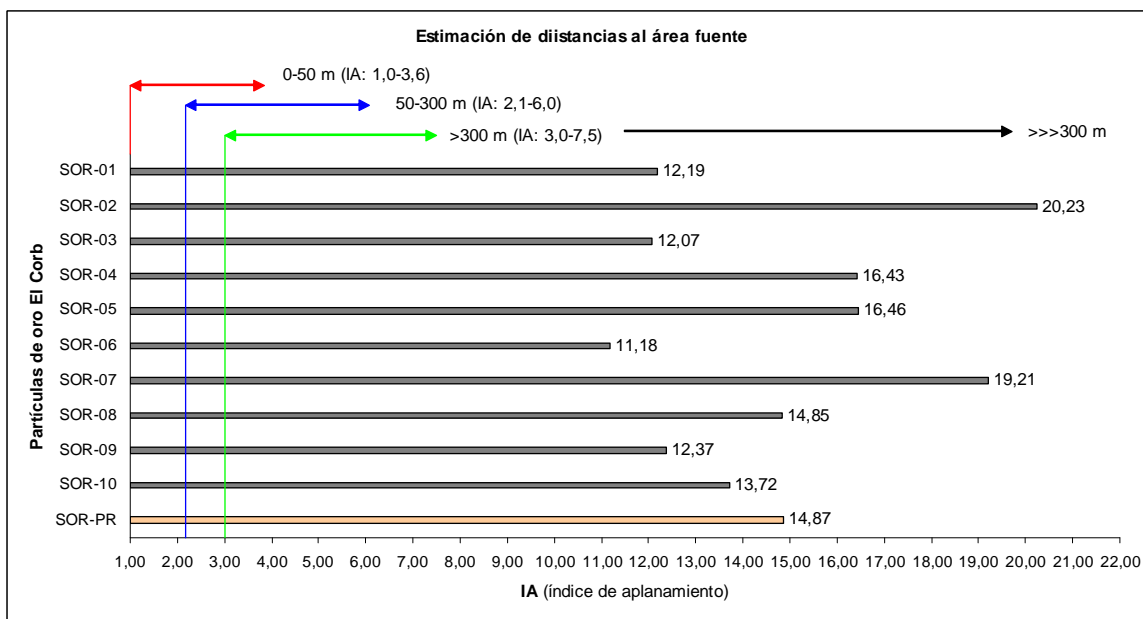


Fig.26: Valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas SOR-01 a SOR-10, considerando los nuevos criterios establecidos. Se representan con carácter informativo, en flechas de color, las distancias propuestas por Townley et al. (2003).

Los valores promedio finales, obtenidos tanto para SFC (0,0783), como para IA (14,87), corresponden a partículas que han tenido un alto recorrido.

Para poder comparar con la dinámica de la red hidrográfica de nuestra zona, vemos que el río Noguera Pallaresa presenta en un primer tramo desde Alós d'Isil a Sort un fuerte desnivel de 14 metros por km, pasando a 5 metros por km hasta Balaguer (Fig.27).

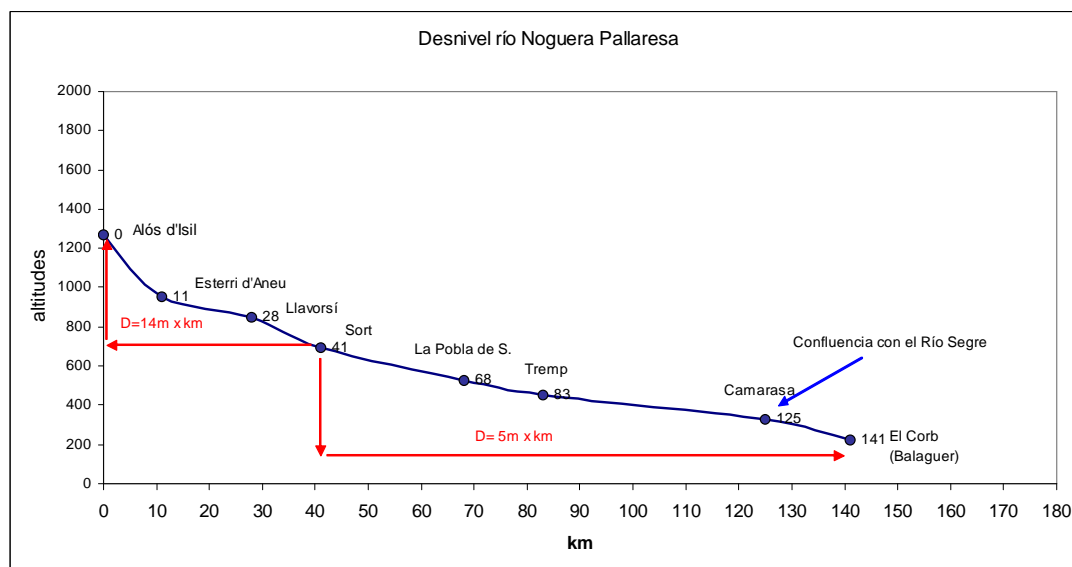


Fig.27: Representación del desnivel del río Noguera Pallaresa desde Alós d'Isil hasta Balaguer

La consideración de un largo recorrido también se apoya en el bajo contenido en plata (Ag) de las partículas SOR-01 a SOR-10 (analizadas por EDS), en donde, las que la contienen, no superan de promedio el 1,88% (puntual 5,63%).

Estudio morfológico y estimación de distancias al área fuente de las partículas de oro obtenidas en el Mioceno y el Holoceno más reciente de la fosa neógena del Vallès-Penedès.

Consideraciones iniciales (Términos descriptivos)

Antes de calcular los parámetros morfométricos e iniciar el estudio de la morfología de cada partícula, expondremos aquellos términos descriptivos que con más frecuencia se van a utilizar. (Fig.28 a 45).

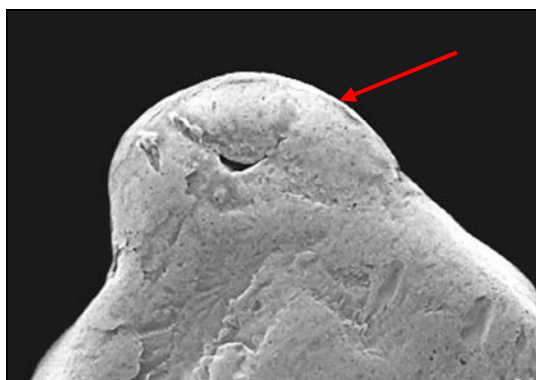


Fig.28.- Bordes redondeados

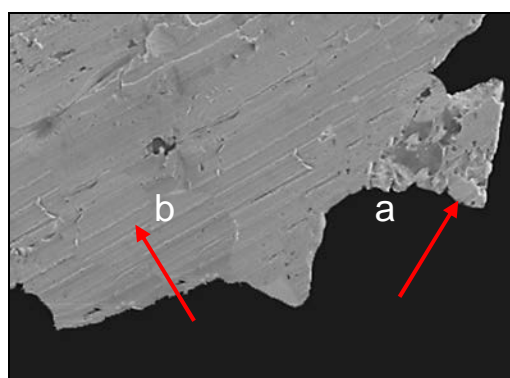


Fig.29.- (a) Bordes angulosos (b) marcas de fricción

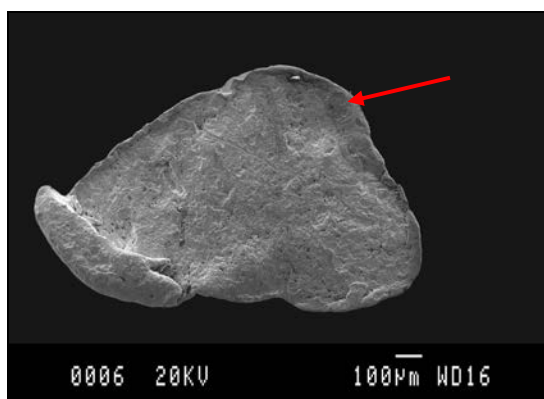


Fig.30.- Bordes ligeramente levantados

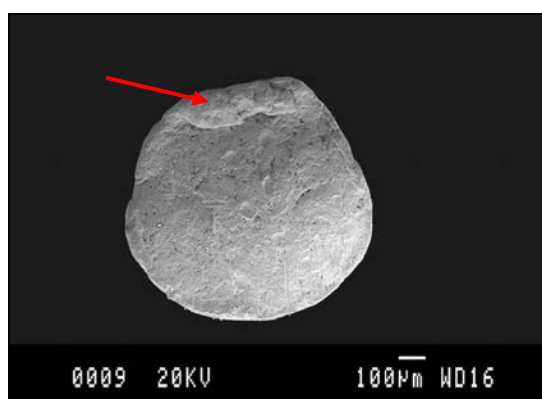


Fig.31.- Inicio de plegamiento

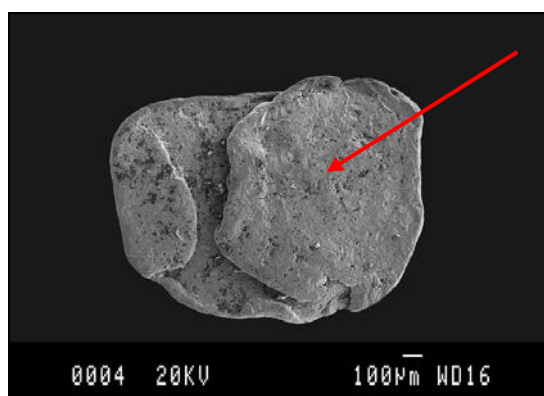


Fig.32.- Pliegue desarrollado sencillo

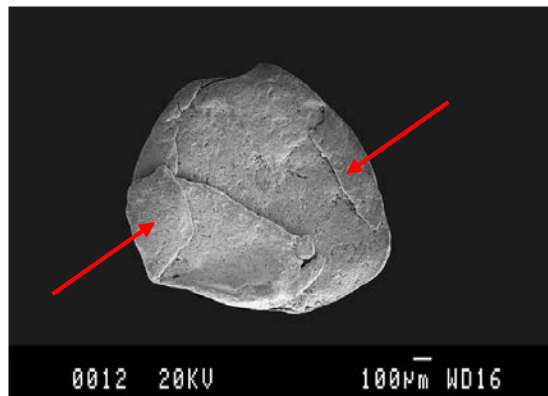


Fig.33.- Pliegue desarrollado múltiple "sandwiched"

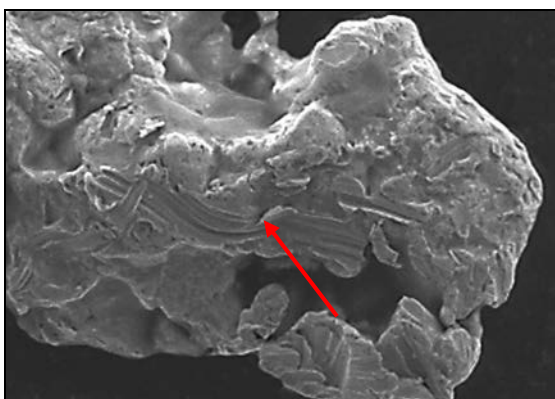


Fig.34.- Huellas de arrastre

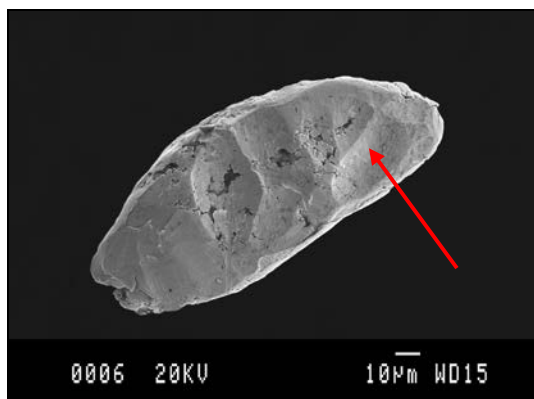


Fig.35.- Marcas de martilleo o de apoyo

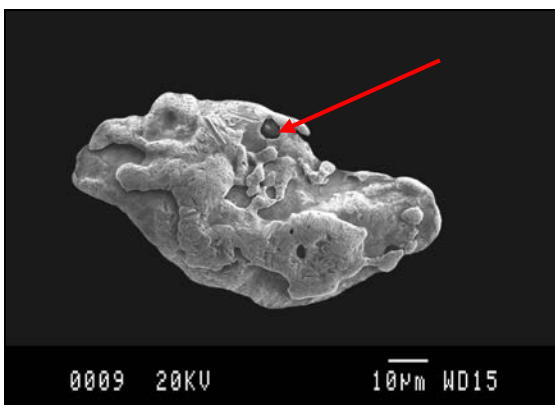


Fig.36.- Huellas de vacío de otros minerales.
(Mayoritariamente aranos de cuarzo).

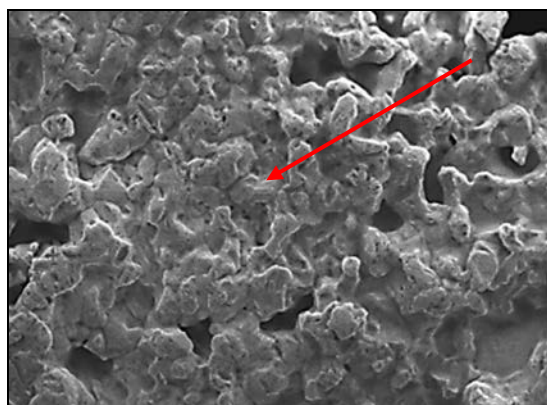


Fig.37.- Superficie policristalina

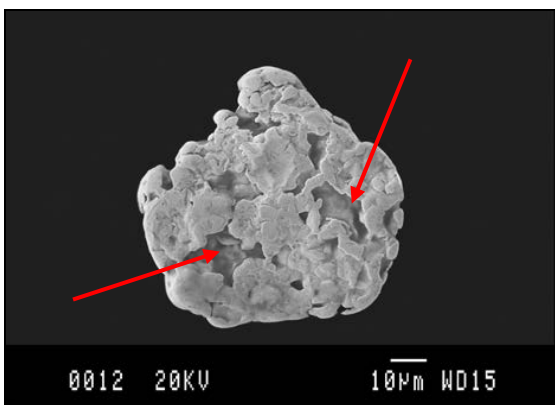


Fig.38.- Cavidades de la roca o mineral encajante

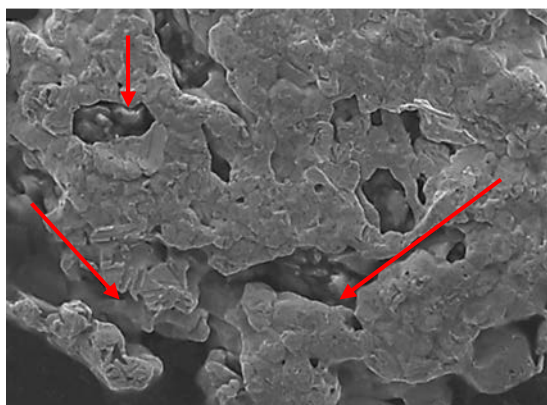


Fig.39.- Cristales de oro subhédricos con formas hexaédricas en las cavidades.

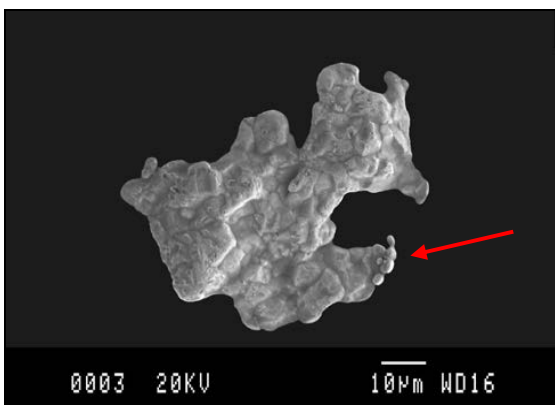


Fig.40.- Formas de gancho (hooket) que indican poco transporte. Es lo primero que se erosiona.

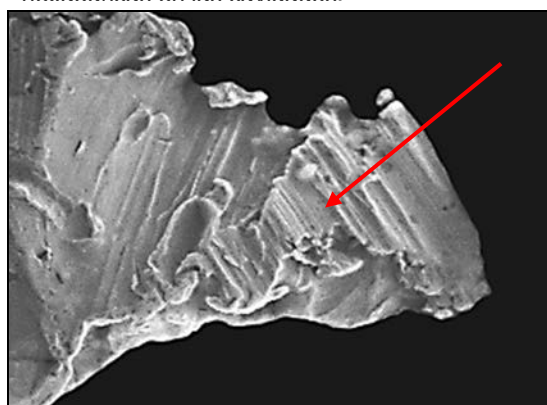


Fig.41.- Crecimientos cristalinos estriados y paralelos

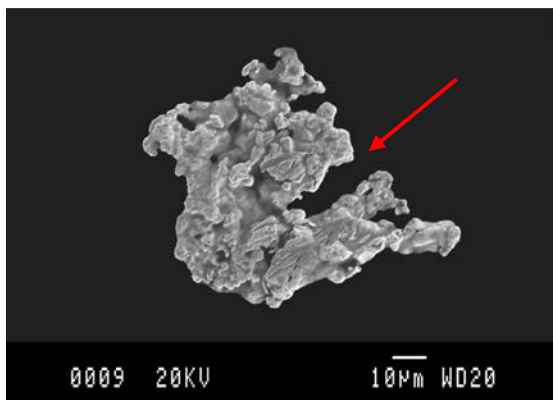


Fig.42.- Agregado flotante-dendrítico de cristales subhédricos y formas de gancho.

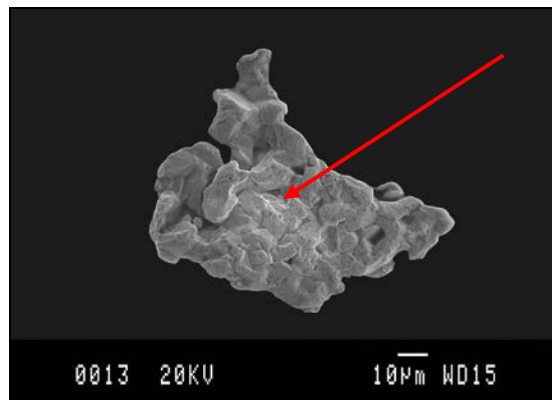


Fig.43.- Agregado flotante de cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes

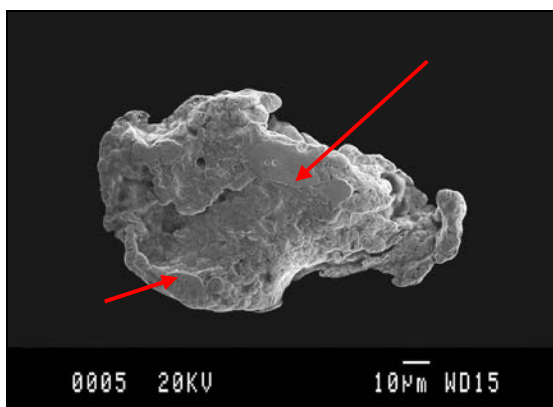


Fig.44.- Superficies de contacto con la matriz que la incluye

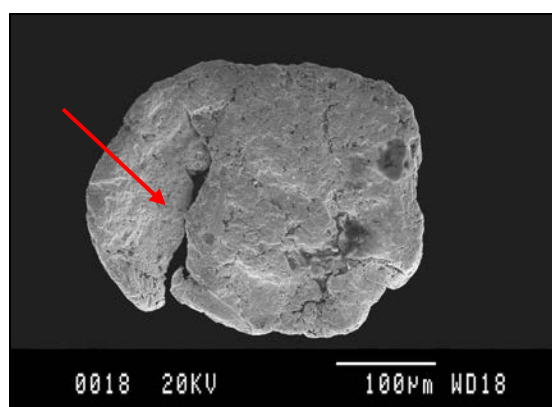


Fig.45.- Partícula replegada y deformada

Estudios morfométricos y estimación de distancias a las áreas fuente

Inicialmente, se exponen las imágenes (SEM) de cada una de las partículas obtenidas en los afloramientos, junto a sus parámetros morfométricos y una estimación de la distancia a las posibles áreas fuente.

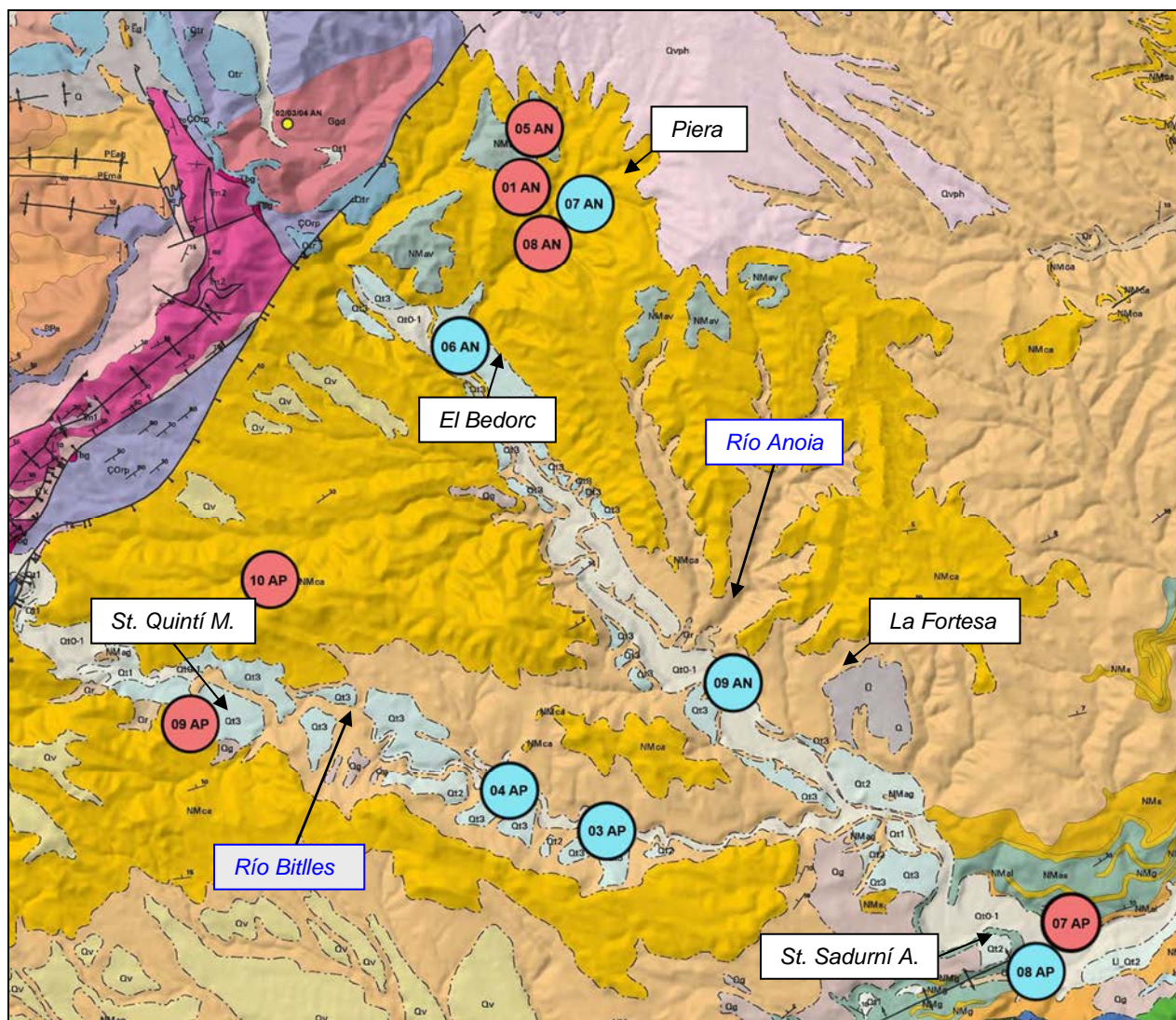
A continuación, la composición química y todos los cálculos efectuados, reflejados en tablas y gráficos.

En los apartados correspondientes a cada afloramiento en donde se describen las características morfológicas de cada partícula, se considerarán los valores de sus parámetros morfométricos, y en función de los mismos, y teniendo en cuenta la litología de las gravas que las acompañan y los minerales pesados asociados, se deducirá la posible situación de las áreas fuente.

Grupo 1 (Anoia - Bitlles)

Se estudian y comparan en este grupo las muestras obtenidas a lo largo del recorrido del Río Anoia y del Bitlles, tanto las recogidas en los márgenes de ambos ríos como las correspondientes al Mioceno más próximo, independientemente de que algunas de ellas no contengan partículas de oro (Fig.xx).

El objetivo de este estudio es deducir las áreas fuente de las muestras 007-AP (Mioceno) y 008-AP (Holoceno). Ambas situadas en el *Pas de les Piles* después de la confluencia de ambos ríos y con un contenido apreciable de partículas de oro.



Afloramientos del Mioceno



Afloramientos del Holoceno

Fig.46: Mapa geológico con la situación de los afloramientos del Grupo 1 (Anoia - Bitlles) relacionados en la página 22. Cartografía original del ICC/IGME (1:50.000 - 2006). Leyendas consultables en el DVD adjunto a la tesis.

Afloramiento JE-007-AP (Mioceno)

Pas de les Piles

Situación dentro del horts: Distal a la falla septentrional y proximal a la meridional.

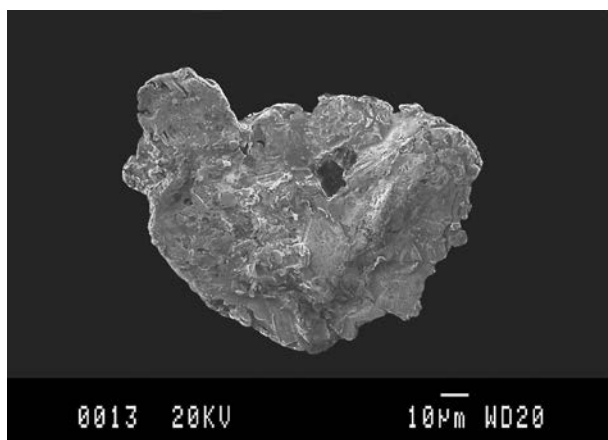
UTMX: 401597E - UTM Y: 4587319N

Concentración: Sistemática

Partículas de oro obtenidas: 10

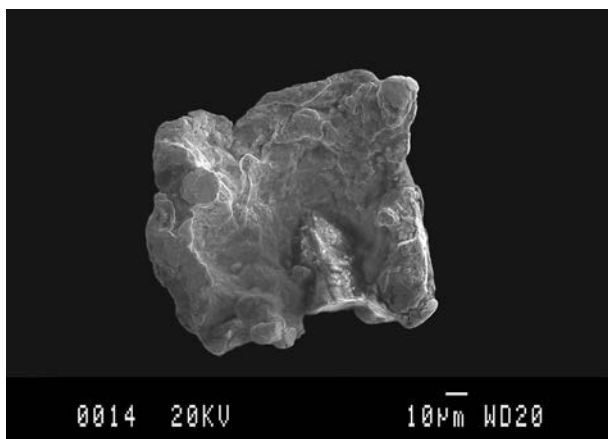
Peso estimado: 8,63 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-007-AP (descripción morfológica y parámetros)



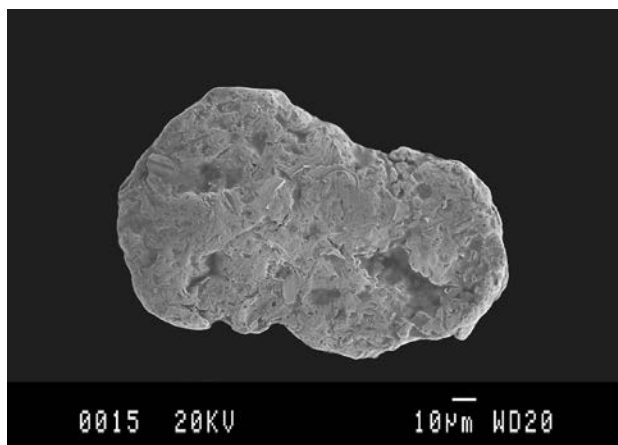
| Partícula: 07AP-01 | | |
|---------------------------|----------|-----------------|
| Longitud (A+) | 118,149 | µm |
| Anchura (B+) | 94,919 | µm |
| Grosor (C+) | 22 | µm |
| Superficie | 8145,920 | µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 74,1047 | µm |
| Peso estimado | 0,003 | mg |
| SFC | 0,2077 | |
| IA | 4,84 | |
| Morfología | plana | |
| Situación área fuente | distal + | |

Morfología plana e irregular con superficie policristalina. Bordes subangulosos con inicios de plegamiento. Cristales subhédricos en la parte inferior. Crecimientos cristalinos estriados y paralelos. Huellas de vacío.



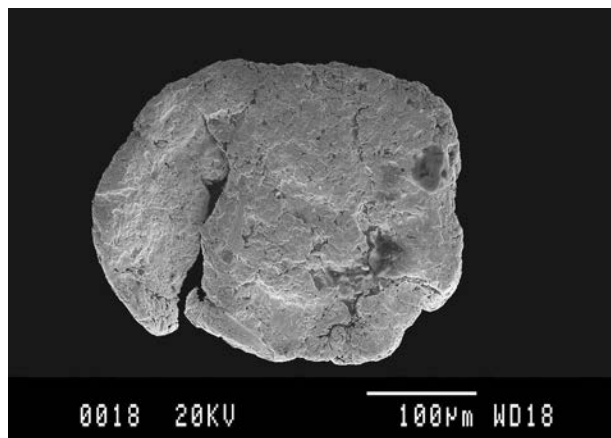
| Partícula: 07AP-02 | | |
|---------------------------|-----------|-----------------|
| Longitud (A+) | 126,517 | µm |
| Anchura (B+) | 121,450 | µm |
| Grosor (C+) | 26 | µm |
| Superficie | 12545,467 | µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 80,8363 | µm |
| Peso estimado | 0,004 | mg |
| SFC | 0,1452 | |
| IA | 6,89 | |
| Morfología | plana | |
| Situación área fuente | distal ++ | |

Morfología plana e irregular. Bordes redondeados. Superficie policristalina en la parte superior derecha con formas subhédricas algo desgastadas. Conserva puntos de contacto con la matriz.



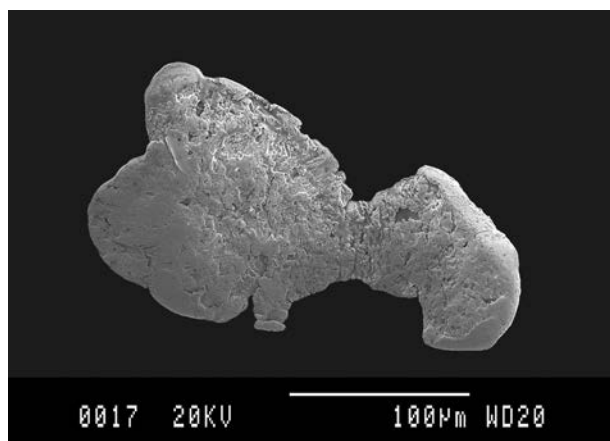
| Partícula: 07AP-03 | | |
|---------------------------|-----------|-----------------|
| Longitud (A+) | 152,538 | µm |
| Anchura (B+) | 90,101 | µm |
| Grosor (C+) | 22 | µm |
| Superficie | 13972,584 | µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 76,4162 | µm |
| Peso estimado | 0,005 | mg |
| SFC | 0,1450 | |
| IA | 7,14 | |
| Morfología | plana | |
| Situación área fuente | distal ++ | |

Morfología plana. Bordes redondeados. Pliegue manifiesto en la parte inferior izquierda. Superficie parcialmente policristalina. Cavidades con cristales subhédricos en su interior. Huellas de arrastre.



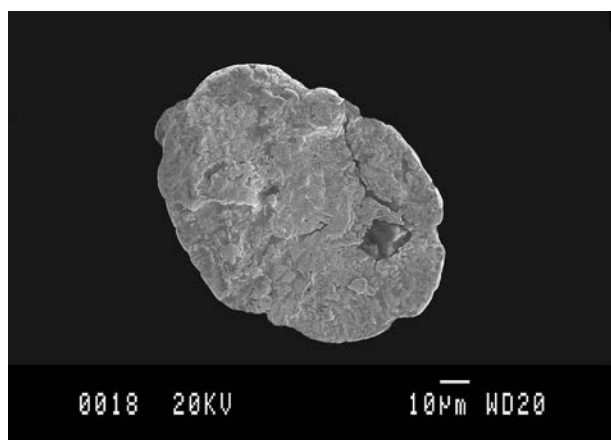
| Partícula: 07AP-04 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 323,534 µm |
| Anchura (B+) | 275,909 µm |
| Grosor (C+) | 55 µm |
| Superficie | 76501,742 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 194,2607 µm |
| Peso estimado | 0,063 mg |
| SFC | 0,1439 |
| IA | 6,97 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes redondeados. Superficie bastante erosionada con huellas de vacío y de arrastre. Partícula replegada y deformada.



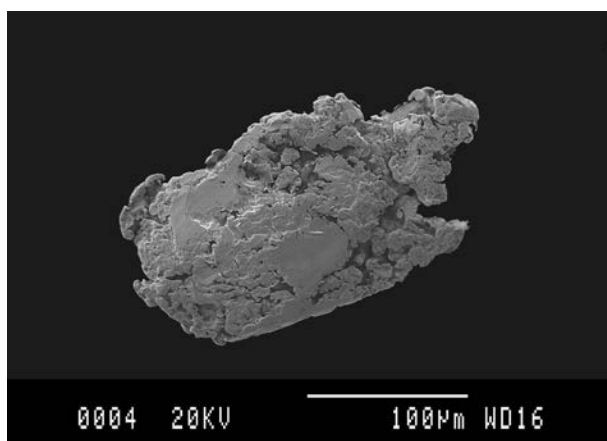
| Partícula: 07AP-05 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 243,851 µm |
| Anchura (B+) | 119,265 µm |
| Grosor (C+) | 28 µm |
| Superficie | 21249,006 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 108,5064 µm |
| Peso estimado | 0,009 mg |
| SFC | 0,1349 |
| IA | 7,89 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes muy redondeados. Superficie policristalina en la parte superior con algún crecimiento estriado paralelo. Huellas de arrastre. Parcialmente replegada.



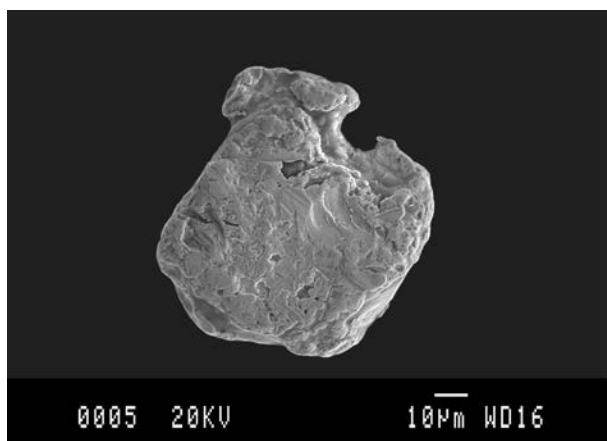
| Partícula: 07AP-06 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 106,556 µm |
| Anchura (B+) | 79,899 µm |
| Grosor (C+) | 29 µm |
| Superficie | 7031,557 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 74,0775 µm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0,2709 |
| IA | 3,73 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes redondeados. Superficie policristalina poco desarrollada. Cavity manifiesta en parte derecha con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en el interior.



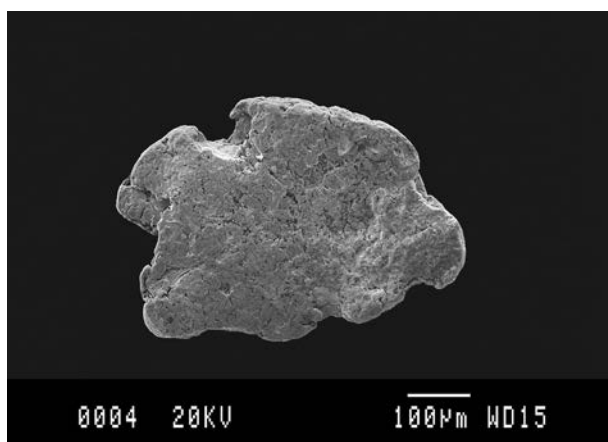
| Partícula: 07AP-07 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 233,899 µm |
| Anchura (B+) | 127,153 µm |
| Grosor (C+) | 30 µm |
| Superficie | 22933,027 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 112,3997 µm |
| Peso estimado | 0,011 mg |
| SFC | 0,1740 |
| IA | 6,02 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes de subangulosos a redondeados. Superficie policristalina con extensas marcas de fricción. Algunas formas de gancho (hookets) parcialmente redondeadas y plegadas.



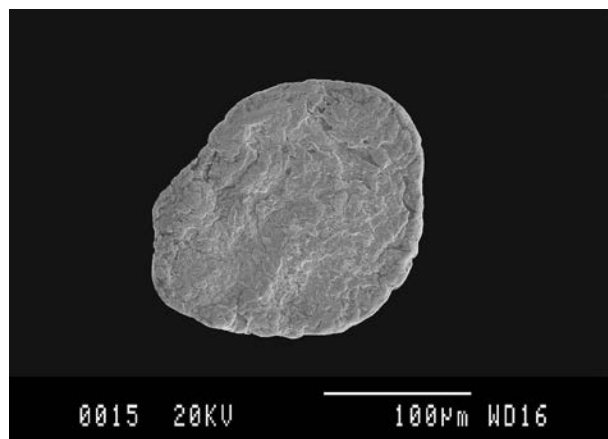
| Partícula: 07AP-08 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 73,127 µm |
| Anchura (B+) | 68,710 µm |
| Grosor (C+) | 20 µm |
| Superficie | 5168,407 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 56,7045 µm |
| Peso estimado | 0,002 mg |
| SFC | 0,1411 |
| IA | 7,09 |
| Morfología | plana/plegada |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana en partícula plegada. Bordes redondeados y replgados en la parte superior. Superficie parcialmente policristalina con huellas de arrastre.



| Partícula: 07AP-09 | |
|--------------------------|----------------------------|
| Longitud (A+) | 508,233 µm |
| Anchura (B+) | 354,524 µm |
| Grosor (C+) | 82 µm |
| Superficie | 160116,906 µm ² |
| Diámetro equivalente(ED) | 274,3385 µm |
| Peso estimado | 0,185 mg |
| SFC | 0,1932 |
| IA | 5,26 |
| Morfología | plana/plegada |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana en partícula plegada. Bordes redondeados. Superficie rugosa y bastante erosionada.

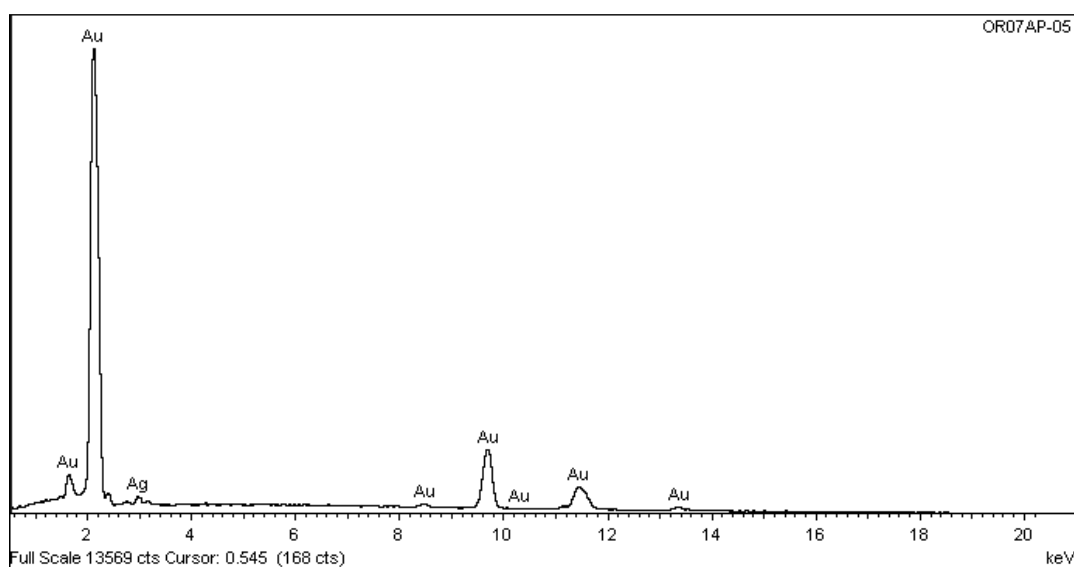


| Partícula: 07AP-10 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 204,793 µm |
| Anchura (B+) | 160,272 µm |
| Grosor (C+) | 26 µm |
| Superficie | 26016,127 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 116,1549 µm |
| Peso estimado | 0,013 mg |
| SFC | 0,1435 |
| IA | 7,02 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes redondeados. Superficie policristalina poco desarrollada. Presenta huellas de arrastre en la parte superior.

Composición química de las partículas obtenida por EDS y peso específico final

| Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| 07AP-01 | 99,48 | 0,52 | | | 19,25 |
| 07AP-02 | 96,76 | 3,24 | | | 19,01 |
| 07AP-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 07AP-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 07AP-05 | 94,69 | 2,18 | | | 19,11 |
| 07AP-06 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 07AP-07 | 97,82 | 5,31 | | | 18,83 |
| 07AP-08 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 07AP-09 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 07AP-10 | 97,00 | 3,00 | | | 19,04 |



Espectro EDS correspondiente a la composición química de la partícula 07AP-05

Se representa el diagrama de Zingg-Krumbein para determinar a que dominio morfológico pertenece cada partícula (Tabla 15) y (Fig. 47).

Tabla 15: Dimensiones de los ejes utilizadas para representar el diagrama de Zingg-Krumbein considerando el eje C en su valor máximo.

| Partícula | A+ (µm) | B+ (µm) | C+ (µm) | B+/A+ | C+/B+ |
|-----------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 07AP-01 | 118,149 | 94,919 | 22 | 0,80 | 0,23 |
| 07AP-02 | 126,517 | 121,450 | 26 | 0,96 | 0,21 |
| 07AP-03 | 152,538 | 90,101 | 22 | 0,59 | 0,24 |
| 07AP-04 | 323,534 | 275,909 | 55 | 0,85 | 0,20 |
| 07AP-05 | 243,851 | 119,265 | 28 | 0,49 | 0,23 |
| 07AP-06 | 106,556 | 79,899 | 29 | 0,75 | 0,36 |
| 07AP-07 | 233,899 | 127,153 | 30 | 0,54 | 0,24 |
| 07AP-08 | 73,127 | 68,710 | 20 | 0,94 | 0,29 |
| 07AP-09 | 508,233 | 354,524 | 82 | 0,70 | 0,23 |
| 07AP-10 | 204,793 | 160,272 | 26 | 0,78 | 0,16 |

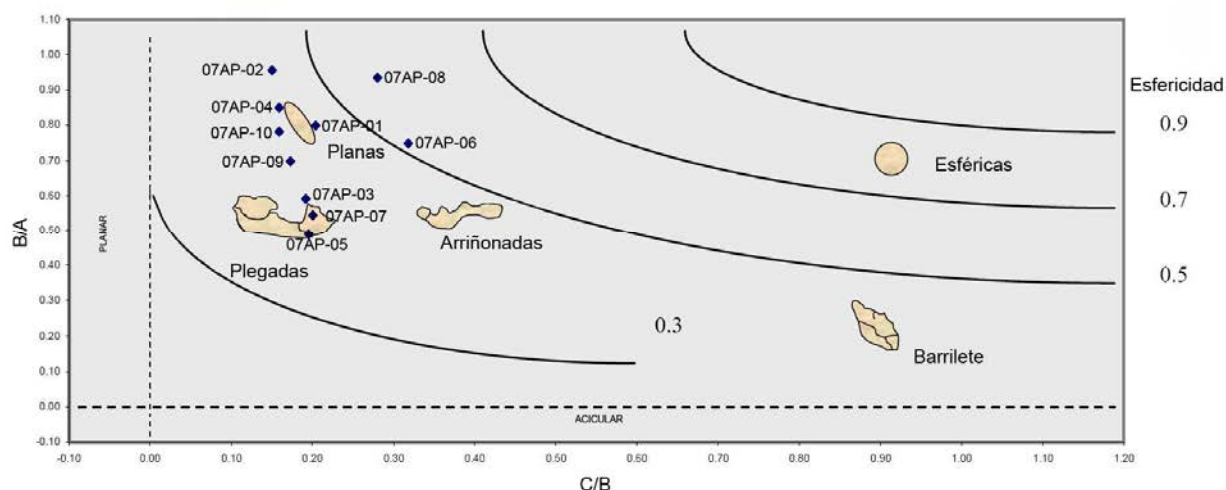


Fig.47: Diagrama de Zingg-Krumbein (modificado Viladevall, 1991). Siendo A el diámetro mayor, B el diámetro mayor perpendicular al A y C el grosor de la partícula. En ordenadas a la derecha los valores de esfericidad de Krumbein

Se observa en el diagrama que estas partículas se sitúan en sector correspondiente a las morfologías planas y plegadas.

Todas las partículas presentan bordes redondeados, excepto la 07AP-01 y la 07AP-07 con predominio de subangulosos.

Son manifiestas las superficies policristalinas en 07AP-01, 07AP-03 y 07AP-07.

Planas con formas arriñonadas la 07AP-04, 07AP-05 y 07Ap-09.

Plana y posiblemente plegada la 07AP-03 y 07AP-08.

No hay presencia manifiesta de ganchos (hookets), excepto en 07AP-07.

Todas estas características morfológicas, antes de calcular los parámetros morfométricos, apuntan a un área fuente medianamente distante (> 20km).

Cálculo y representación de los parámetros morfométricos

De acuerdo con lo expuestos en las consideraciones previas, se detallan las características morfológicas que se han tenido en cuenta para la elección del valor de **C** aplicable para cada partícula (Tabla 16) y se representan los valores de SFC e IA (Figs. 48 y 49).

| Valor aplicable - Ce | Partículas | Características morfológicas consideradas |
|----------------------|----------------|---|
| C calculado | 02-03-04-05-06 | Planas irregulares con inicio de pliegues |
| C deducido | 08 | Plegada y aplanada |
| C máximo | 01-07-09-10 | Planas con superficie irregular |

Tabla 16: En números azules los valores escogidos. En las columnas **C selecc** (color verde), se relacionan los valores utilizados para la confección de los gráficos.

| Partícula | C+/Ce (µm) | C+ | C+ | C calc (µm) | C calc | C calc | C- (µm) | C- | C- | C selecc | C selecc |
|-----------|---------------------------------------|--------|------|-------------|--------|--------|---------|--------|-------|----------|----------|
| | | SFC | IA | | SFC | IA | | SFC | IA | SFC | IA |
| 07AP-01 | 22 | 0,2077 | 4,84 | 19 | 0,1794 | 5,61 | 18 | 0,1700 | 5,92 | 0,2077 | 4,84 |
| 07AP-02 | 26 | 0,1049 | 9,54 | 18 | 0,1452 | 6,89 | 16 | 0,1694 | 7,75 | 0,1452 | 6,89 |
| 07AP-03 | 22 | 0,1877 | 5,51 | 17 | 0,1450 | 7,14 | 16 | 0,1621 | 7,58 | 0,1450 | 7,14 |
| 07AP-04 | 55 | 0,1841 | 5,45 | 43 | 0,1439 | 6,97 | 40 | 0,1607 | 7,49 | 0,1439 | 6,97 |
| 07AP-05 | 28 | 0,1642 | 6,48 | 23 | 0,1349 | 7,89 | 20 | 0,1407 | 9,08 | 0,1349 | 7,89 |
| 07AP-06 | 29 | 0,3143 | 3,21 | 25 | 0,2709 | 3,73 | 23 | 0,2818 | 4,05 | 0,2709 | 3,73 |
| 07AP-07 | 30 | 0,1740 | 6,02 | 25 | 0,1450 | 7,22 | 28 | 0,1682 | 6,45 | 0,1740 | 6,02 |
| 07AP-08 | 20 (10) | 0,1411 | 7,09 | 19 | 0,2680 | 3,73 | 14 | 0,2398 | 5,07 | 0,1411 | 7,09 |
| 07AP-09 | 82 | 0,1932 | 5,26 | 60 | 0,1414 | 7,19 | 35 | 0,1366 | 12,33 | 0,1932 | 5,26 |
| 07AP-10 | 26 | 0,1435 | 7,02 | 25 | 0,1380 | 7,30 | 24 | 0,1380 | 7,61 | 0,1435 | 7,02 |
| 07AP-PR | Promedio de los valores seleccionados | | | | | | | | | 0,1699 | 6,53 |

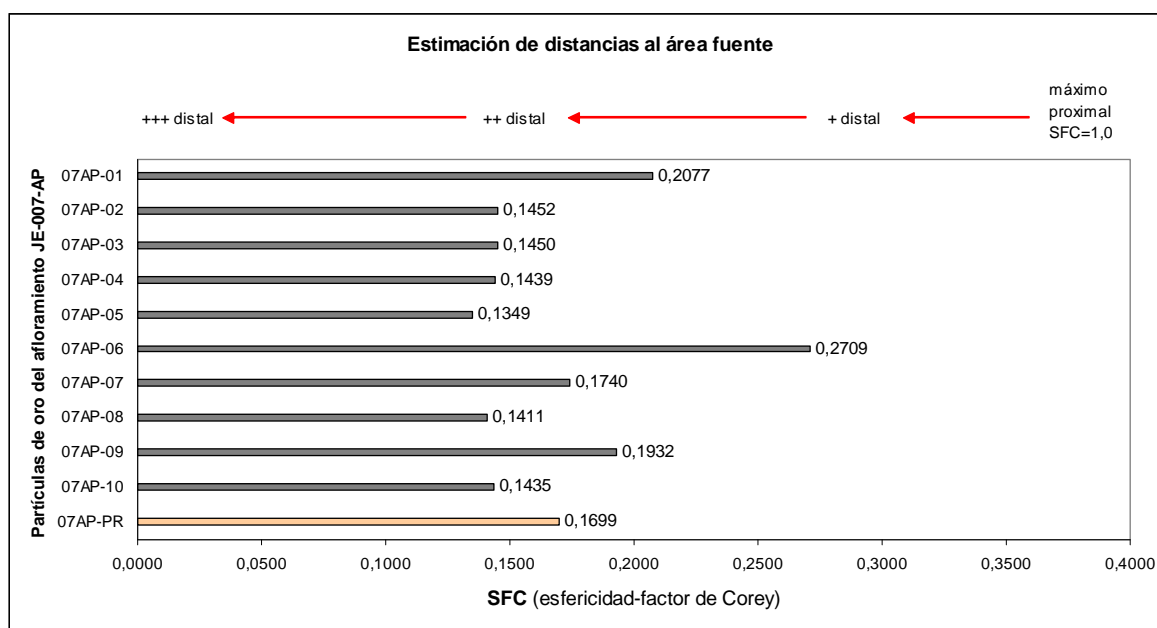


Fig.48: Representación de los valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas 07AP-01 a 07AP-10. Las flechas indicadoras de las distancias son de carácter orientativo.

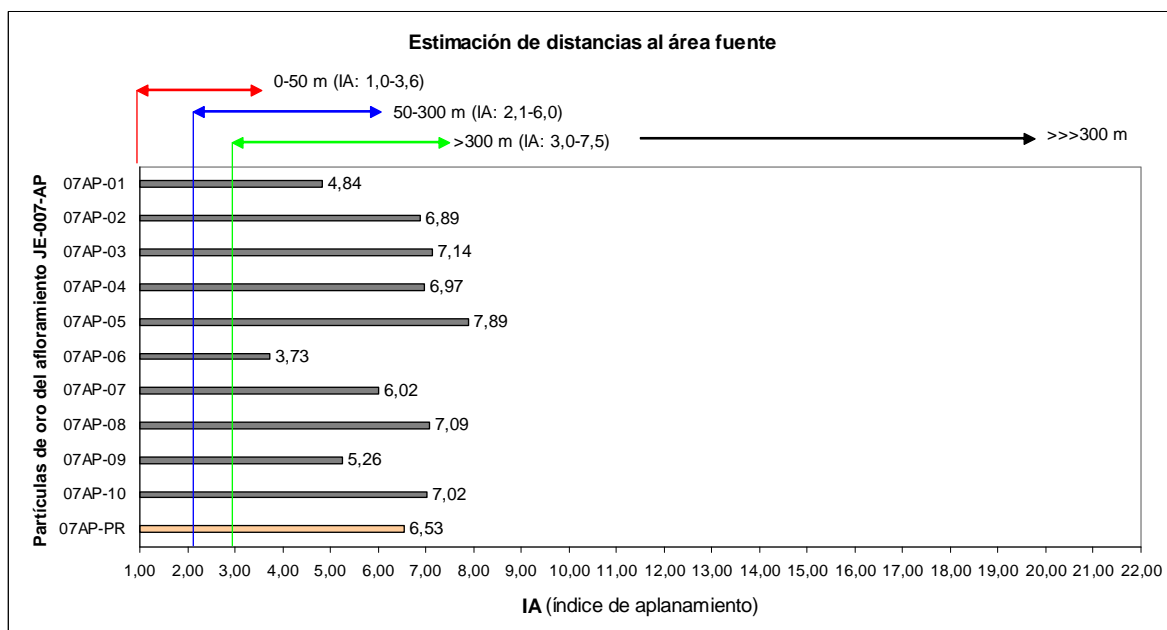


Fig.49: Representación de los valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas 07AP-01 a 07AP-10. Con carácter informativo y en flechas de color, las distancias propuestas por Townley et al. (2003).

Los valores promedio, obtenidos tanto para SFC (0,1699), como para IA (6,53), corresponden a partículas que proceden de un área fuente que estimamos medianamente distante (>10km).

Junto a esta muestra y en el margen derecho del río Anoia, después de haber recibido al río Bitlles, se ha obtenido la 008AP que corresponde al Holoceno más reciente. Ambas poseen un contenido apreciable de partículas de oro.

Ambos ríos siguen desde su nacimiento una orientación Noroeste-Sudeste. El Anoia nace en la Depresión Central Catalana, atraviesa la Cordillera Prelitoral y, en la Depresión Prelitoral desemboca en el Llobregat. El Btlles nace en la Cordillera Prelitoral y, en la Depresión Prelitoral se convierte en afluente del Anoia.

Los desniveles de ambos ríos, una vez pasadas las cabeceras, son suaves y constantes (Fig 50 y 51), lo que supone un transporte poco agresivo (4m x km para el Anoia) y (6m x km para el Bitlles).

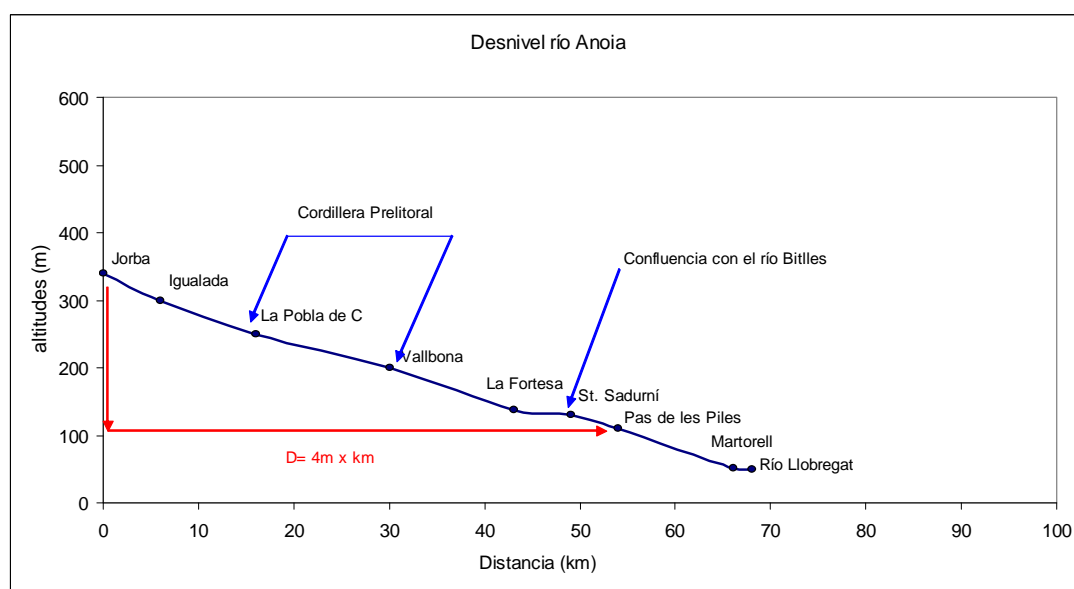


Fig.50: Desnivel del río Anoia desde Jorba hasta la posición del afloramiento JE-008-AP

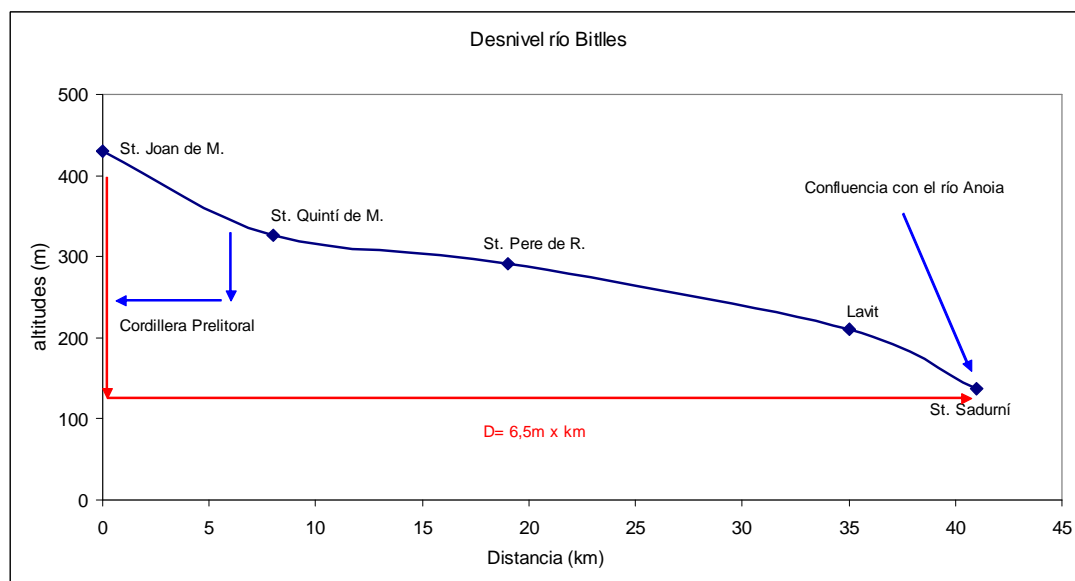


Fig.51: Desnivel del río Bitlles desde St. Joan de M. hasta confluir con el río Anoia

Afloramiento JE-008-AP (Holoceno)

Pas de les Piles (UTMX: 401106E) - (UTMY: 4587119N)

Localización: margen derecho del río Anoia

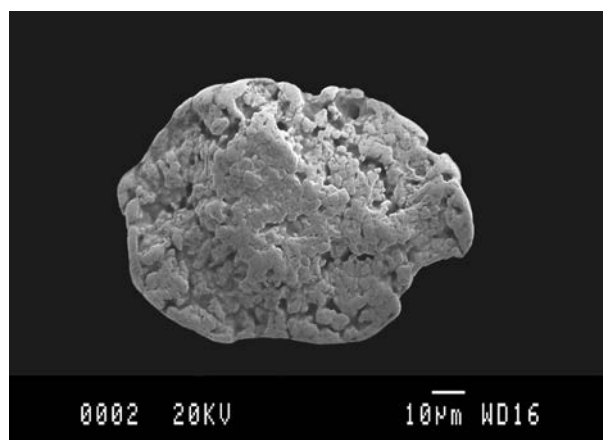
Situación dentro de *horts*: Cauce fluvial de origen externo a la falla septentrional y toma de muestra en el Mioceno (GRPAMI).

Concentración: Selectiva

Partículas de oro obtenidas: 11

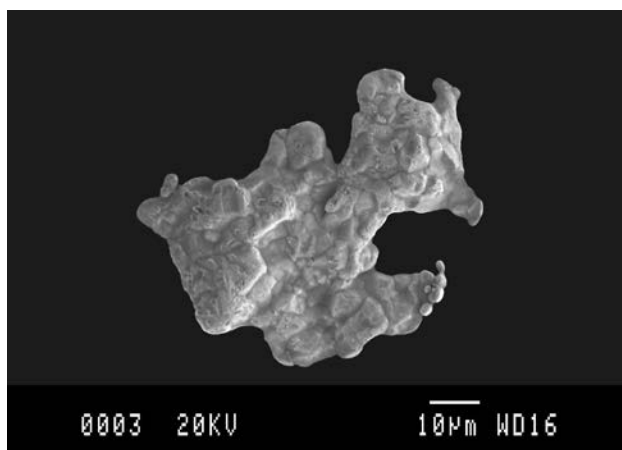
Peso estimado: 5,56 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-008-AP (descripción morfológica y parámetros)



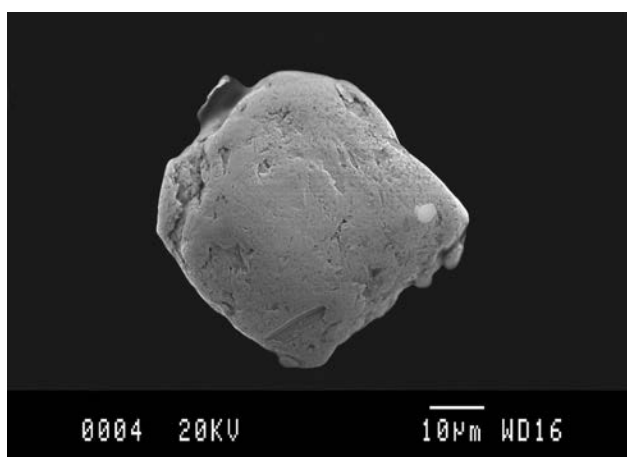
| Partícula: 08AP-01 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 102,034 µm |
| Anchura (B+) | 73,898 µm |
| Grosor (C+) | 16 µm |
| Superficie | 6890,211 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 58,6366 µm |
| Peso estimado | 0,002 mg |
| SFC | 0,1612 |
| IA | 6,28 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes redondeados con inicios de pliegue. Superficie policristalina con cavidades vacías de la roca o mineral encajante.



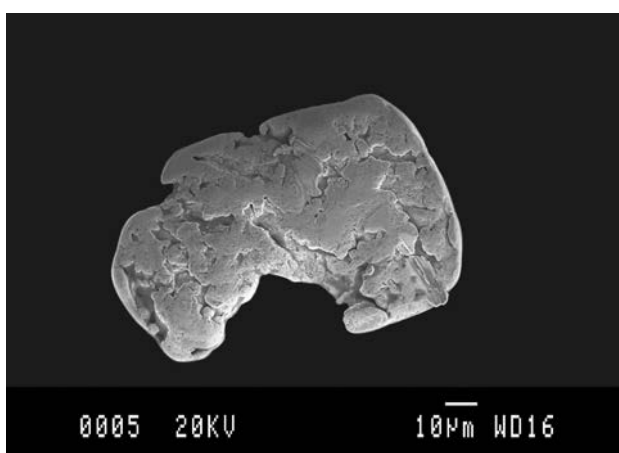
| Partícula: 08AP-02 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 62,866 µm |
| Anchura (B+) | 46,559 µm |
| Grosor (C+) | 12 µm |
| Superficie | 2192,466 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 36,9165 µm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,1664 |
| IA | 6,08 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

La morfología corresponde a la de un agregado flotante de cristales. Bordes redondeados con inicio de pliegues y restos de estructuras de gancho redondeadas. Superficie policristalina con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes algo desgastadas.



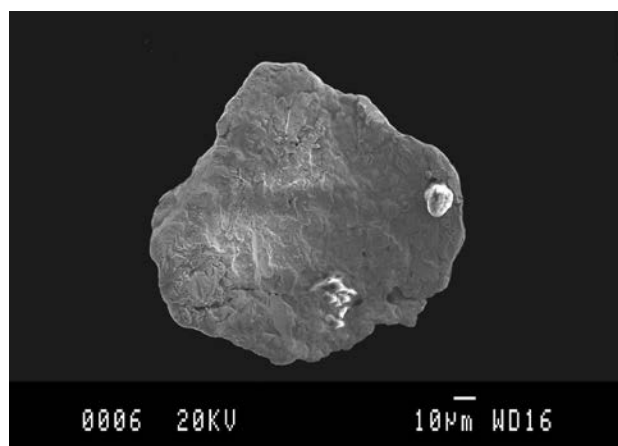
| Partícula: 08AP-03 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 46,598 µm |
| Anchura (B+) | 45,246 µm |
| Grosor (C+) | 8 µm |
| Superficie | 2073,728 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 31,8185 µm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,1524 |
| IA | 6,56 |
| Morfología | plana/plegada |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana y plegada. Bordes redondeados y algo replegados. Superficie lisa ligeramente policristalina en su parte izquierda. Marcada huella de arrastre en la parte inferior.



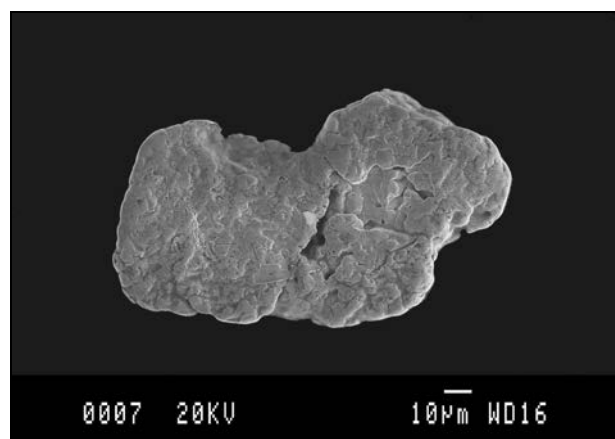
| Partícula: 08AP-04 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 98,859 µm |
| Anchura (B+) | 64,304 µm |
| Grosor (C+) | 11 µm |
| Superficie | 2097,955 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 47,8078 µm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,1380 |
| IA | 7,42 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes redondeados. Superficie lisa con cavidades donde presenta cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Huellas de arrastre



| Partícula: 08AP-05 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 117,819 µm |
| Anchura (B+) | 113,348 µm |
| Grosor (C+) | 28 µm |
| Superficie | 12150,328 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 92,4692 µm |
| Peso estimado | 0,007 mg |
| SFC | 0,1731 |
| IA | 5,78 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes de redondeados a subangulosos. Superficie ligeramente policristalina con algunos crecimientos estriados y paralelos en su parte izquierda. Superficies de contacto con la matriz y algunas huellas de arrastre.



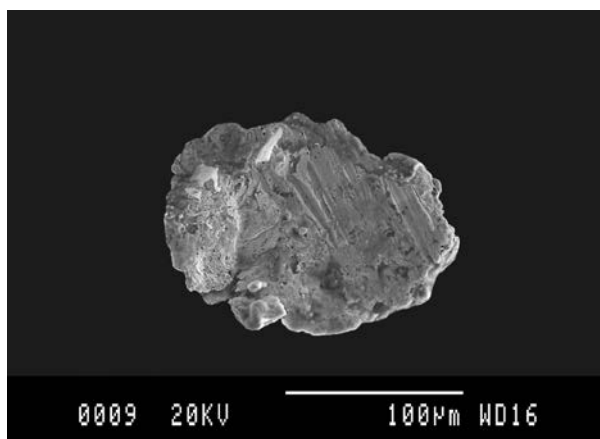
| Partícula: 08AP-06 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 129,174 µm |
| Anchura (B+) | 78,784 µm |
| Grosor (C+) | 24 µm |
| Superficie | 7518,024 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 72,9818 µm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0,1983 |
| IA | 5,20 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes redondeados. Superficie ligeramente policristalina que presenta cavidades ocupadas por algunos cristales subhédricos con formas hexaédricas dominantes.



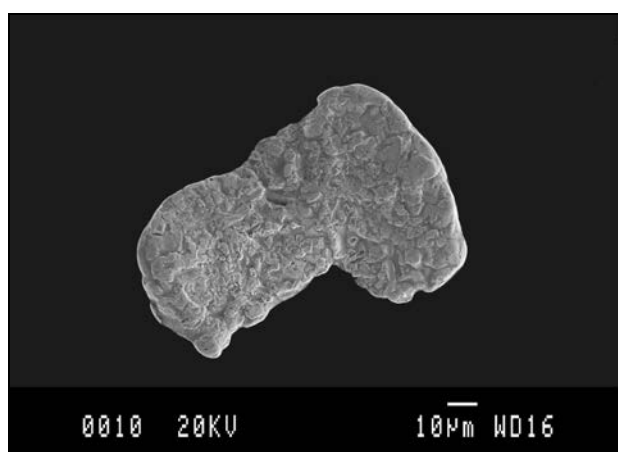
| Partícula: 08AP-07 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 129,225 µm |
| Anchura (B+) | 102,788 µm |
| Grosor (C+) | 22 µm |
| Superficie | 9602,038 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 79,7578 µm |
| Peso estimado | 0,004 mg |
| SFC | 0,1562 |
| IA | 6,44 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes redondeados con pliegues desarrollados en la parte inferior. Superficie aplanada sin formas policristalinas. Conserva ligeramente cavidades vacías.



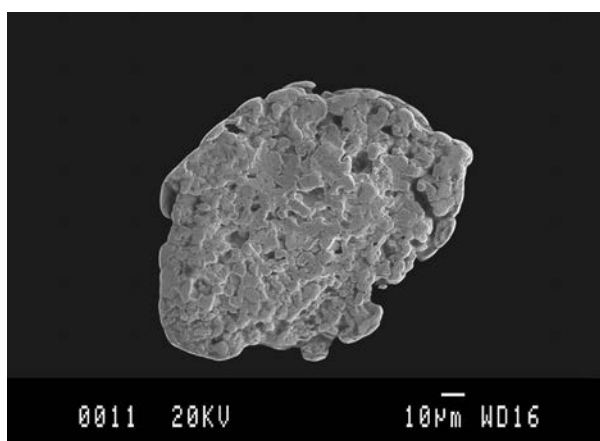
| Partícula: 08AP-08 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 164,395 μm |
| Anchura (B+) | 117,569 μm |
| Grosor (C+) | 22 μm |
| Superficie | 14997,188 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 80,2484 μm |
| Peso estimado | 0,004 mg |
| SFC | 0,1367 |
| IA | 7,42 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes de subangulosos a redondeados. Huellas de arrastre que ocupan la mayor parte de la superficie. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. En la parte superior zonas recubiertas de formas cristalinas redondeados no identificadas.



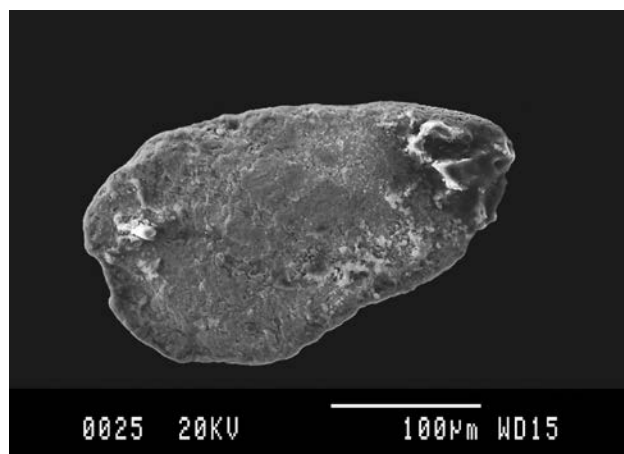
| Partícula: 08AP-09 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 101,429 μm |
| Anchura (B+) | 70,908 μm |
| Grosor (C+) | 15 μm |
| Superficie | 5565,283 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 57,7203 μm |
| Peso estimado | 0,002 mg |
| SFC | 0,1651 |
| IA | 6,15 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes redondeados con ligeros repliegues. Superficie policristalina. Algunas huellas de vacío de otros minerales.



| Partícula: 08AP-10 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 143,127 μm |
| Anchura (B+) | 103,871 μm |
| Grosor (C+) | 15 μm |
| Superficie | 9569,680 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 73,5272 μm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0,1230 |
| IA | 8,23 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes redondeados con ligeros repliegues (posibles ganchos desgastados). Superficie policristalina. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Zonas vacías que corresponden a la roca o mineral encajante. Superficies de contacto con la matriz.

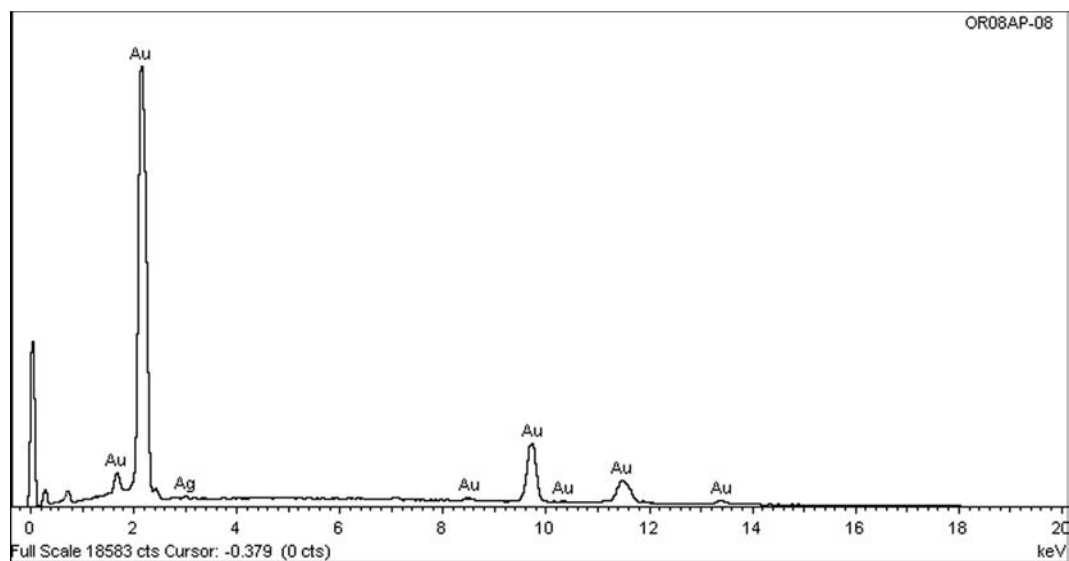


| Partícula: 08AP-11 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 279,518 μm |
| Anchura (B+) | 163,602 μm |
| Grosor (C+) | 26 μm |
| Superficie | 34802,461 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 116,2761 μm |
| Peso estimado | 0,012 mg |
| SFC | 0,1122 |
| IA | 9,23 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes redondeados. Superficie rugosa sin formas destacables. Presenta zonas con recubrimientos de otro mineral no analizado.

Composición química de las partículas obtenida por EDS y peso específico final

| Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. final |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| 08AP-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 08AP-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 08AP-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 08AP-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 08AP-05 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 08AP-06 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 08AP-07 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 08AP-08 | 98,58 | 1,42 | | | 19,17 |
| 08AP-09 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 08AP-10 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 08AP-11 | 92,96 | | | 7,04 | 18,44 |



Espectro EDS correspondiente a la composición química de la partícula 08AP-08

Se representa el diagrama de Zingg-Krumbein para determinar a que dominio morfológico pertenece cada partícula (Tabla 17) y (Fig.52).

Tabla 17: Dimensiones de los ejes utilizadas para representar el diagrama de Zingg-Krumbein considerando el eje C en su valor máximo.

| Partícula | Eje A+ (µm) | Eje B+ (µm) | Eje C+ (µm) | B+ / A+ | C+ / B+ |
|-----------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| 08AP-01 | 102,034 | 73,898 | 16 | 0,72 | 0,22 |
| 08AP-02 | 62,866 | 46,559 | 12 | 0,74 | 0,26 |
| 08AP-03 | 46,598 | 45,246 | 8 | 0,97 | 0,18 |
| 08AP-04 | 98,859 | 64,304 | 11 | 0,65 | 0,17 |
| 08AP-05 | 117,819 | 113,348 | 28 | 0,96 | 0,25 |
| 08AP-06 | 129,174 | 78,784 | 24 | 0,61 | 0,30 |
| 08AP-07 | 129,225 | 102,788 | 22 | 0,80 | 0,21 |
| 08AP-08 | 164,395 | 117,569 | 22 | 0,72 | 0,19 |
| 08AP-09 | 101,429 | 70,908 | 15 | 0,70 | 0,21 |
| 08AP-10 | 143,127 | 103,871 | 15 | 0,73 | 0,14 |
| 08AP-11 | 279,518 | 163,602 | 26 | 0,59 | 0,16 |

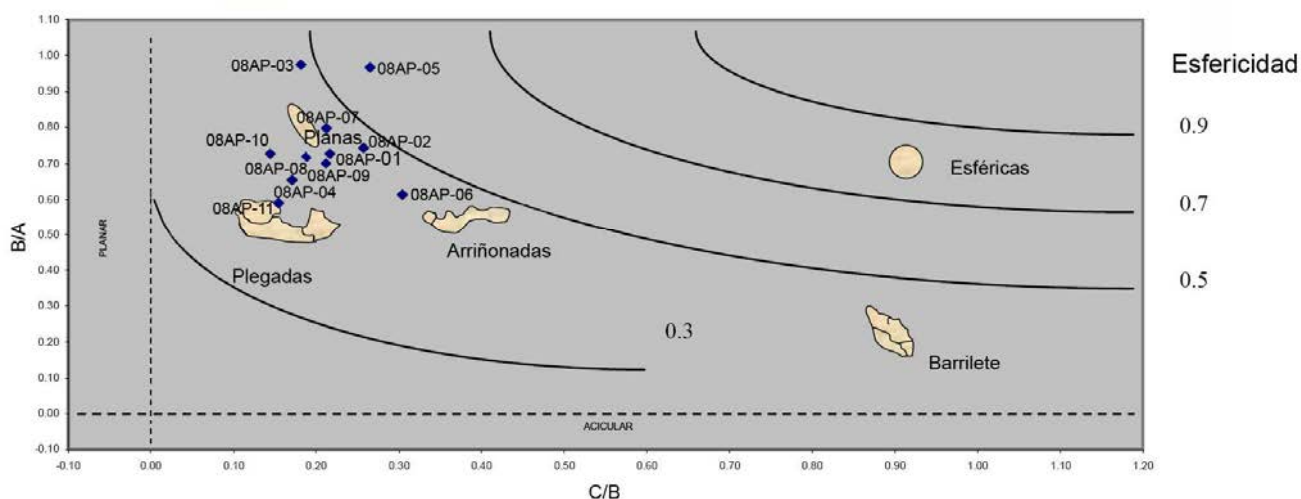


Fig.52: Diagrama de Zingg-Krumbein (modificado Viladevall, 1991). Siendo A el diámetro mayor, B el diámetro mayor perpendicular al A y C el grosor de la partícula. En ordenadas a la derecha los valores de esfericidad de Krumbein

Se observa en el diagrama que estas partículas se sitúan en sector correspondiente a las morfologías planas y plegadas.

Todas las partículas presentan bordes redondeados, excepto la 08AP-05 que son subredondeados y la 08AP-08 con predominio de subangulosos.

Son manifiestas las superficies policristalinas en todas, excepto en 08AP-03 y 08P-07.

Planas con inicios de pliegue 08AP-07.

Plana y plegada la 08AP-03.

No hay presencia manifiesta de ganchos (hookets), excepto en 08AP-02.

Todas estas características morfológicas, antes de calcular los parámetros morfométricos, apuntan a unas áreas fuente medianamente distantes (>10km).

Cálculo y representación de los parámetros morfométricos

De acuerdo con lo expuestos en las consideraciones previas, se detallan las características morfológicas que se han tenido en cuenta para la elección del valor de **C** aplicable para cada partícula (Tabla 18) y se representan los valores de SFC e IA (Figs. 53 y 54).

| Valor aplicable - Ce | Partículas | Características morfológicas consideradas |
|----------------------|-------------------------------|---|
| C calculado | 01-02-03-05-06 07-08-09-11 | Planas irregulares con inicio de pliegues |
| C máximo | 04-10 | Planas con superficie irregular |

Tabla 18: En números azules los valores escogidos. En las columnas **C selecc** (color verde), se relacionan los valores utilizados para la confección de los gráficos.

| Partícula | C+ (µm) | C+ | | C calc (µm) | C calc | | C- (µm) | C- | | C selecc | |
|-----------|---------------------------------------|--------|------|-------------|--------|------|---------|--------|-------|----------|------|
| | | SFC | IA | | SFC | IA | | SFC | IA | | |
| 08AP-01 | 16 | 0,1843 | 5,50 | 14 | 0,1612 | 6,28 | 12 | 0,1382 | 7,33 | 0,1612 | 6,28 |
| 08AP-02 | 12 | 0,2218 | 4,56 | 9 | 0,1664 | 6,08 | 8 | 0,1479 | 6,84 | 0,1664 | 6,08 |
| 08AP-03 | 8 | 0,1742 | 5,74 | 7 | 0,1524 | 6,56 | 6 | 0,1307 | 7,65 | 0,1524 | 6,56 |
| 08AP-04 | 11 | 0,1380 | 7,42 | 9 | 0,1129 | 9,06 | 9 | 0,1129 | 9,06 | 0,1380 | 7,42 |
| 08AP-05 | 28 | 0,2423 | 4,13 | 20 | 0,1731 | 5,78 | 18 | 1,5580 | 6,42 | 0,1731 | 5,78 |
| 08AP-06 | 24 | 0,2379 | 4,33 | 20 | 0,1983 | 5,20 | 16 | 0,1586 | 6,50 | 0,1983 | 5,20 |
| 08AP-07 | 22 | 0,1909 | 5,27 | 18 | 0,1562 | 6,44 | 16 | 0,1388 | 7,25 | 0,1562 | 6,44 |
| 08AP-08 | 22 | 0,1582 | 6,41 | 19 | 0,1367 | 7,42 | 12 | 0,0863 | 11,75 | 0,1367 | 7,42 |
| 08AP-09 | 15 | 0,1769 | 5,74 | 14 | 0,1651 | 6,15 | 13 | 0,1533 | 6,63 | 0,1651 | 6,15 |
| 08AP-10 | 15 | 0,1230 | 8,23 | 14 | 0,1148 | 8,82 | 13 | 0,1066 | 9,50 | 0,1230 | 8,23 |
| 08AP-11 | 26 | 0,1216 | 8,52 | 24 | 0,1122 | 9,23 | 24 | 0,1029 | 10,07 | 0,1122 | 9,23 |
| 08AP-PR | Promedio de los valores seleccionados | | | | | | | | | 0,1530 | 6,80 |

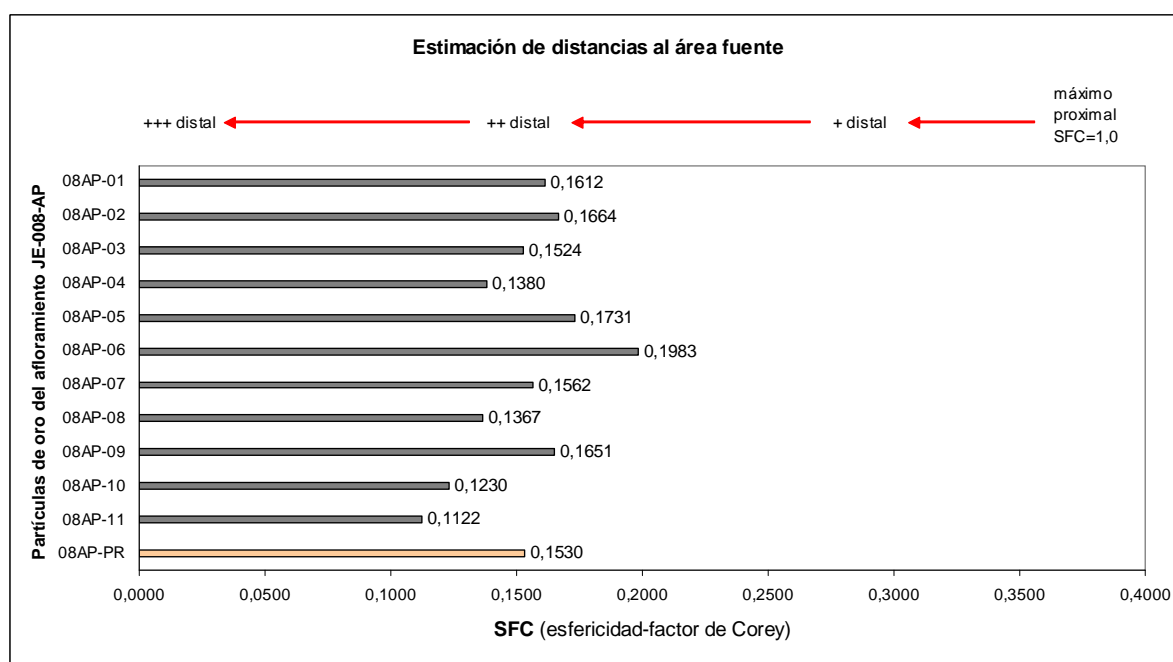


Fig.53: Representación de los valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas 08AP-01 a 08AP-11. Las flechas indicadoras de las distancias son de carácter orientativo.

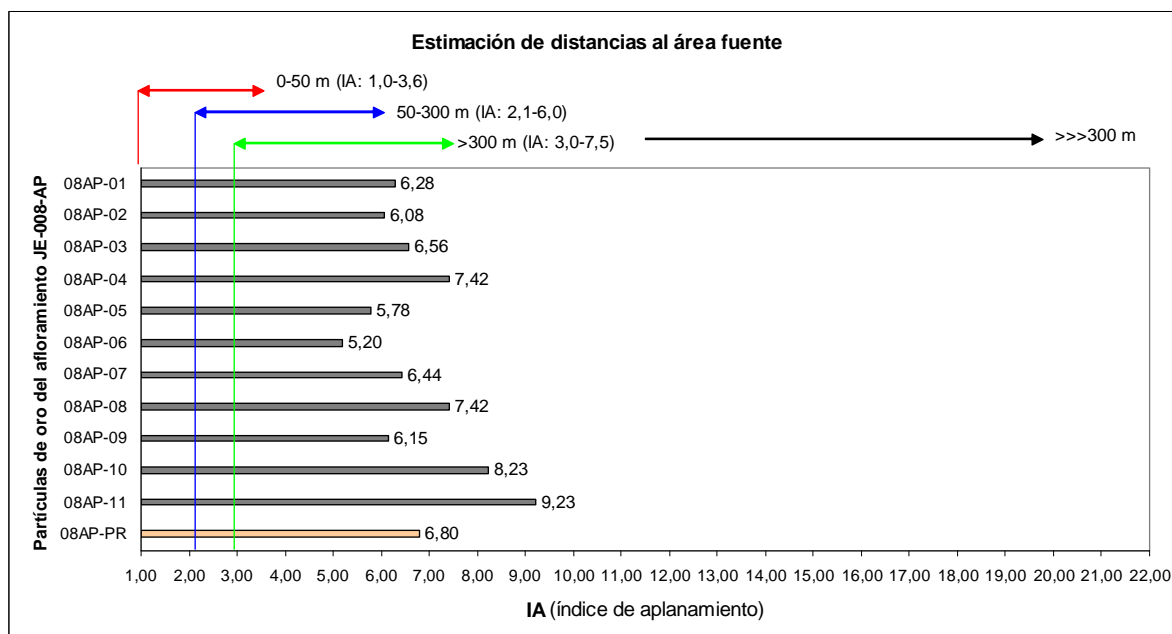


Fig.54: Representación de los valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas 08AP-01 a 08AP-11. Con carácter informativo y en flechas de color, las distancias propuestas por Townley et al. (2003).

Los valores promedio, resultantes tanto para SFC (0,1530), como para IA (6,80), al igual que en 007AP, corresponden a partículas que proceden de un área fuente que estimamos medianamente distante (>10km).

Afloramiento JE-003-AP (Holoceno)

Camí de Cal Cardús

Situación: Margen derecho del Río Bitlles. Cauce fluvial de origen externo a la falla septentrional y toma de muestra en el Mioceno (GRPAMI).

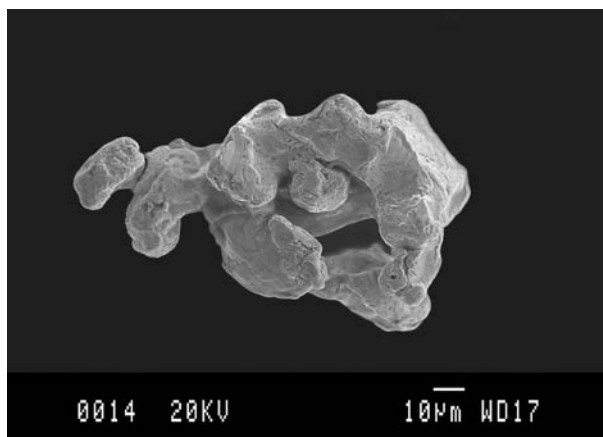
UTMX: 395395E - UTM Y: 4588582N

Concentración: Sistemática

Partículas de oro obtenidas: 4

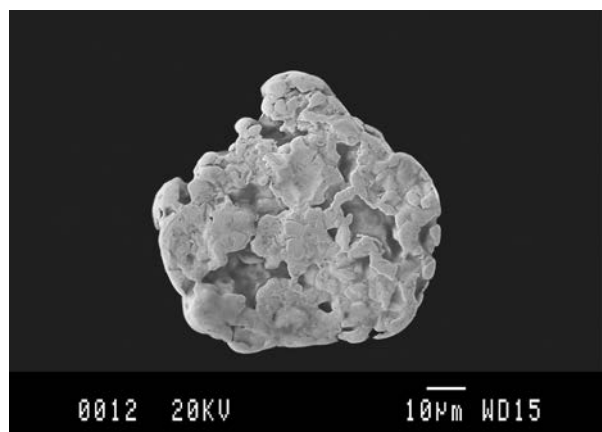
Peso estimado: 0,97 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-003-AP (descripción morfológica y parámetros)



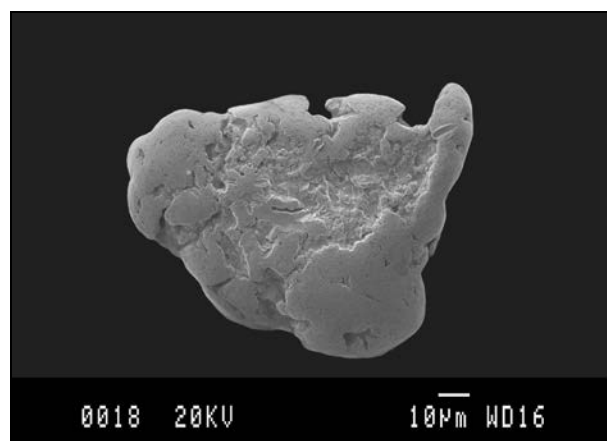
| Partícula: 03AP-01 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 125,349 µm |
| Anchura (B+) | 72,395 µm |
| Grosor (C+) | 28 µm |
| Superficie | 5418,210 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 72,5133 µm |
| Peso estimado | 0,002 mg |
| SFC | 0,2939 |
| IA | 3,53 |
| Morfología | arriñonada |
| Situación área fuente | distal + |

Partícula arriñonada en cuanto a la forma. Agregado flotante de cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Presenta alguna superficie de contacto con la matriz.



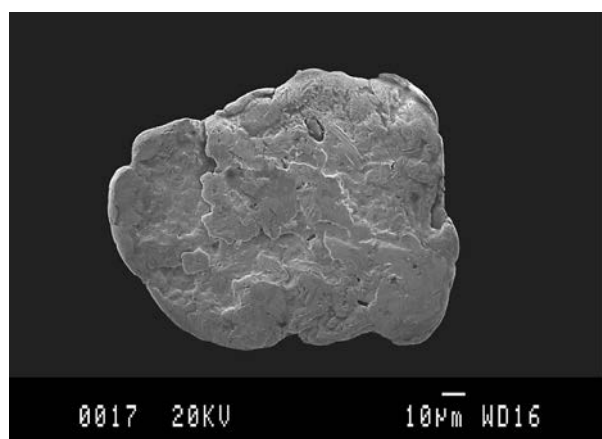
| Partícula: 03AP-02 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 71,136 µm |
| Anchura (B+) | 67,708 µm |
| Grosor (C+) | 14 µm |
| Superficie | 3825,670 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 47,9701 µm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,2017 |
| IA | 4,96 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes redondeados con inicios de pliegue. Superficie policristalina. Cavidades con algunos cristales subhédricos. Vacíos correspondientes a la roca o mineral encajante.



| Partícula: 03AP-03 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 103,176 µm |
| Anchura (B+) | 79,873 µm |
| Grosor (C+) | 14 µm |
| Superficie | 6135,287 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 57,3747 µm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,1322 |
| IA | 7,63 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes con pliegues redondeados. Superficie lisa excepto en el centro de la partícula donde se conserva ligeramente policristalina.



| Partícula: 03AP-04 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 139,246 µm |
| Anchura (B+) | 112,111 µm |
| Grosor (C+) | 14 µm |
| Superficie | 12777,337 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 70,9911 µm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0.0960 |
| IA | 10,47 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes redondeados y ligeramente levantados. Superficie plana. Mineral incluido en la parte superior (posible cuarzo). Extensa superficie de contacto.

Afloramiento JE-004-AP

Terraza en Lavit (B. Pineda)

Situación: Terraza levantada en el margen derecho el Río Bitlles.

Codificación: GRPAMI/TRR

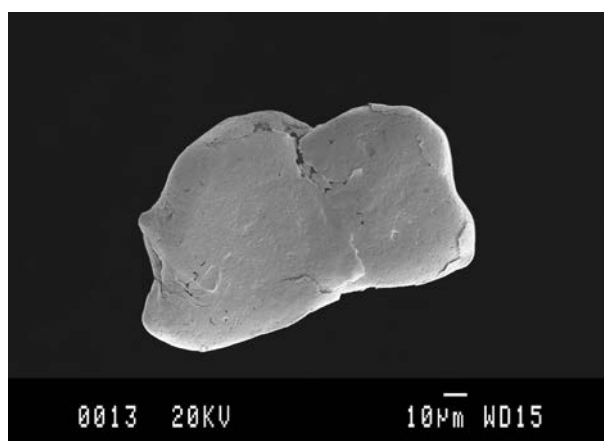
UTMX: 394163E - UTM Y: 4589174N

Concentración: Sistemática

Partículas de oro obtenidas: 1

Peso estimado: 0,63 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-004-AP (descripción morfológica y parámetros)

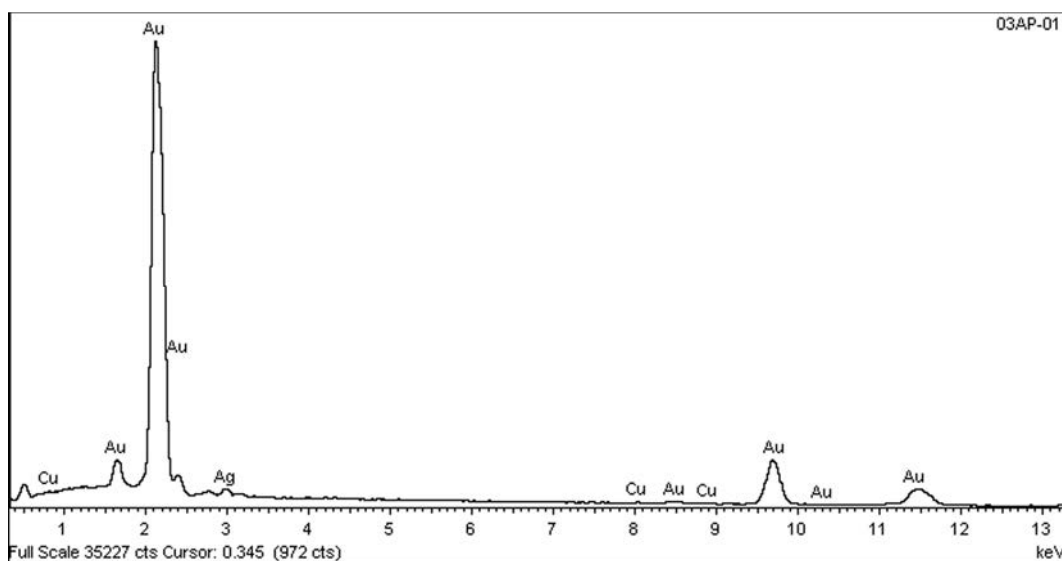


| Partícula: 04AP-01 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 141,762 µm |
| Anchura (B+) | 88,980 µm |
| Grosor (C+) | 20/10 µm |
| Superficie | 9813,095 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 77,0670 µm |
| Peso estimado | 0,004 mg |
| SFC | 0,0890 |
| IA | 11,54 |
| Morfología | plana-plegada |
| Situación área fuente | distal ++ |

Partícula plegada y plana. Bordes redondeados. Superficie lisa. No presenta estructuras destacables.

Composición química de las partículas obtenida por EDS y peso específico final

| Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| 03AP-01 | 92,52 | 7,06 | 0,42 | | 19,30 |
| 03AP-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 03AP-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 03AP-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 04AP-01 | 97,36 | 1,30 | 1,35 | | 19,19 |



Espectro EDS correspondiente a la composición química de la partícula 03AP-01

Se representa el diagrama de Zingg-Krumbein para determinar a que dominio morfológico pertenece cada partícula (Tabla 19) y (Fig. 55).

Tabla 19: Dimensiones de los ejes utilizadas para representar el diagrama de Zingg-Krumbein considerando el eje C en su valor máximo.

| Partícula | Eje A+ (µm) | Eje B+ (µm) | Eje C+ (µm) | B+ / A+ | C+ / B+ |
|-----------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| 03AP-01 | 125,349 | 72,395 | 28 | 0,58 | 0,39 |
| 03AP-02 | 71,136 | 67,708 | 14 | 0,95 | 0,21 |
| 03AP-03 | 103,176 | 79,873 | 14 | 0,77 | 0,18 |
| 03AP-04 | 139,246 | 112,111 | 14 | 0,81 | 0,12 |
| 04AP-01 | 141,762 | 88,980 | 20 | 0,63 | 0,22 |

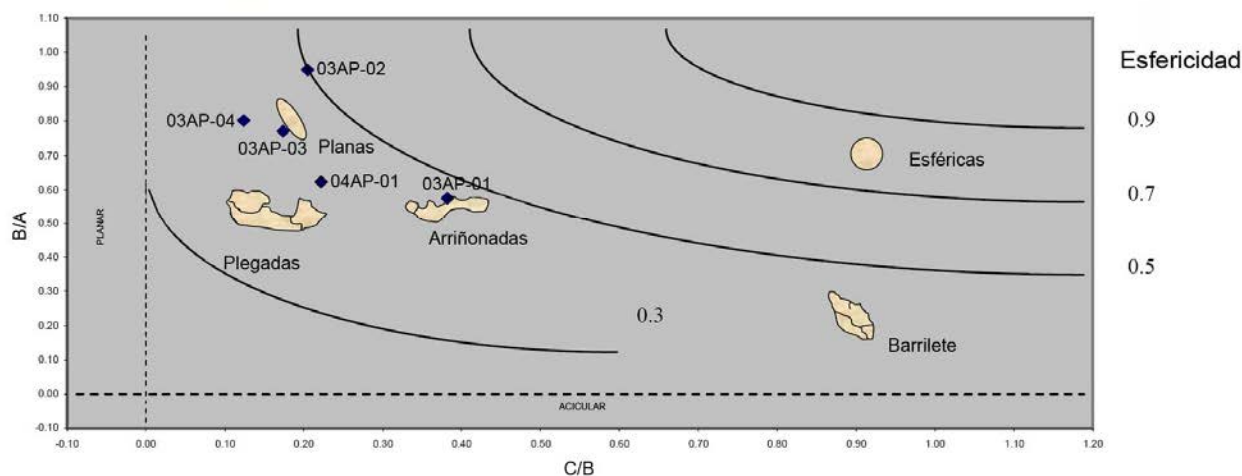


Fig.55: Diagrama de Zingg-Krumbein (modificado Viladevall, 1991). Siendo A el diámetro mayor, B el diámetro mayor perpendicular al A y C el grosor de la partícula. En ordenadas a la derecha los valores de esfericidad de Krumbein.

Se observa en el diagrama que las partículas se sitúan en el sector correspondiente a las morfologías planas, excepto la 04AP-01 con tendencia a plegada y la 03AP-01 que es de forma arriñonada.

Son manifiestas las superficies policristalinas. No hay presencia de ganchos (hookets).

La partícula 03AP-01 corresponde a una agrupación de cristales cúbicos subhédricos, conservando algunas superficies del contacto con su matriz.

Todas estas características morfológicas, antes de calcular los parámetros morfométricos, apuntan a unas áreas fuente medianamente distantes (≤ 10 km) para las partículas 03AP (01-02-03), y algo más distantes para la 03AP-04 y 04AP-01 (>10 km).

Cálculo y representación de los parámetros morfométricos

De acuerdo con lo expuesto en las consideraciones previas, se detallan las características morfológicas que se han tenido en cuenta para la elección del valor de **C** aplicable a cada partícula (Tabla 20) y se representan los valores de SFC e IA (Figs.56 y 57).

| Valor aplicable - C_e | Partículas | Características morfológicas consideradas |
|--|--------------|---|
| C máximo | 03AP (01-02) | (01) grupo cristales (02) plana con cavidades |
| C máximo reducido | 04AP-01 | Plegada y plana con superficie lisa |
| C calculado | 03AP (03-04) | Planas irregulares con inicio de pliegues |

Tabla 20: En números azules los valores escogidos. En las columnas **C selecc.** (color verde), se relacionan los valores utilizados para la confección de los gráficos.

| Partícula | C+ (µm) | C+ | C+ | C calc (µm) | C calc | C calc | C- (µm) | C- | C- | C selecc | C selecc |
|------------|---------------------------------------|--------|-------|-------------|--------|--------|---------|--------|-------|----------|----------|
| | | SFC | IA | | SFC | IA | | SFC | IA | SFC | IA |
| 03AP-01 | 28 | 0,2939 | 3,53 | 22 | 0,2309 | 4,49 | 16 | 0,1680 | 6,18 | 0,2309 | 4,49 |
| 03AP-02 | 14 | 0,2017 | 4,96 | 12 | 0,1729 | 5,79 | 10 | 0,1441 | 6,94 | 0,2017 | 4,96 |
| 03AP-03 | 14 | 0,1542 | 6,54 | 12 | 0,1322 | 7,63 | 10 | 0,1102 | 9,15 | 0,1322 | 7,63 |
| 03AP-04 | 14 | 0,1121 | 8,98 | 12 | 0,0960 | 10,47 | 10 | 0,0800 | 12,57 | 0,0960 | 10,47 |
| 04AP-01 | 20/10 | 0,0890 | 11,54 | 19 | 0,1692 | 6,07 | 18 | 0,1603 | 6,41 | 0,0890 | 11,54 |
| 03/04AP-PR | Promedio de los valores seleccionados | | | | | | | | | 0,1500 | 7,82 |

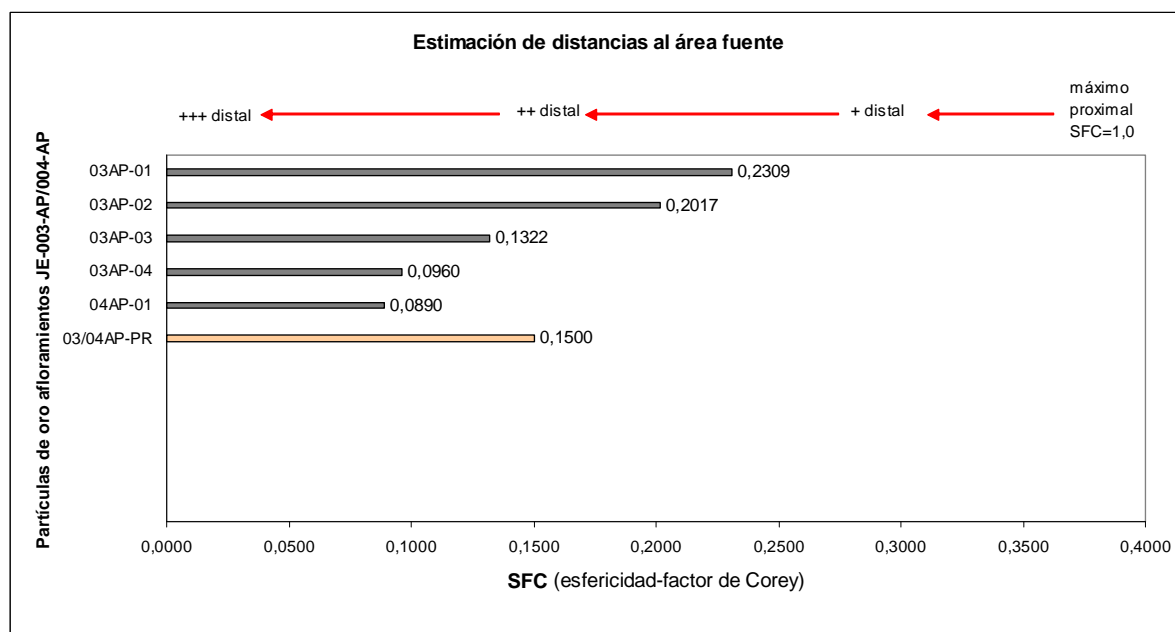


Fig.56: Representación de los valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas 03AP-01 a 03AP-04 y 04AP-01. Las flechas indicadoras de las distancias son de carácter orientativo.

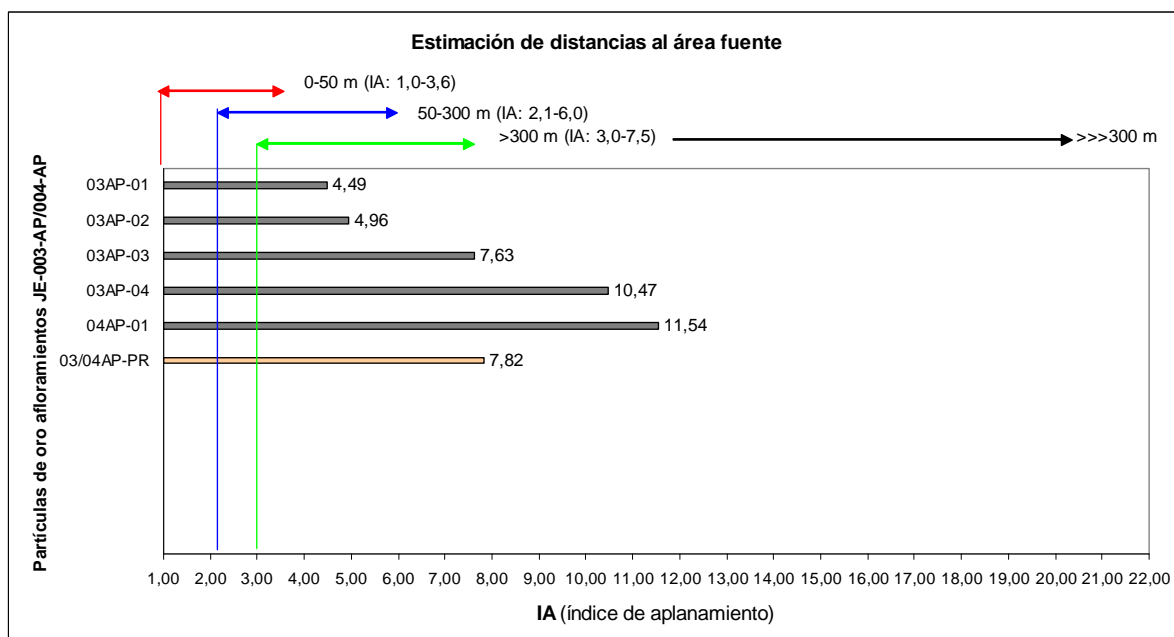


Fig.57: Representación de los valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas 03AP-01 a 03AP-04 y 04AP-01. Con carácter informativo y en flechas de color, las distancias propuestas por Townley et al. (2003).

El cálculo de los parámetros morfométricos confirma con bastante aproximación lo apuntado en el apartado anterior.

Las muestras obtenidas junto al río Anoia en la terraza de El Bedorc (06-AN) y en su margen izquierda a la altura de La Fortesa (09-AN) no contienen partículas de oro. No así las del río Bitlles en la terraza de Lavit (04-AP) y en el Molí d'en Cardus (03-AP) que sí las contienen.

Considerando únicamente estos datos, podríamos deducir, que el oro contenido en las arenas del Holoceno más reciente (muestra 08-AP) lo aporta el río Bitlles. Muy posiblemente obtenido por la erosión de los materiales miocénicos a través de los cuales circula.

El oro contenido en los sedimentos del Mioceno (muestra 007-AP) procede con toda probabilidad de los materiales paleozoicos situados al inicio del curso de ambos ríos, habiendo sido transportados durante ese período por las corrientes fluviales existentes, que consideramos seguían la misma dirección.

Hipótesis de situación de las áreas fuente

Con los valores obtenidos de los parámetros morfométricos de las partículas de oro de ambos afloramientos y teniendo en cuenta que los materiales más próximos una vez superada la falla meridional corresponden al Mesozoico y por tanto no son susceptibles de aportar oro, considerando las direcciones de aporte actuales y las litologías y los minerales pesados asociados que están presentes en los sedimentos de ambas muestras y del resto de muestras del Grupo 1. Podemos situar las áreas fuente en los materiales paleozoicos preexistentes situados al NE de dichos afloramientos, que se podrían encontrar a una distancia en línea recta de 14km, que suponen unos 36 a 40km de recorrido fluvial actual.

La situación de las áreas fuente correspondería a la que se expone en la Fig.58

Se incorporan las tablas (21 a 24) en donde se comparan las litologías de ambos afloramientos y del resto de muestras del Grupo 1 con las que conforman los relieves actuales, que están relacionadas en la cartografía geológica del ICC/IGME (2006), para poner de manifiesto las coincidencias que posibilitan su determinación como áreas fuente, y también justificar los minerales pesados que se han identificado como derivados de aquellas litologías.

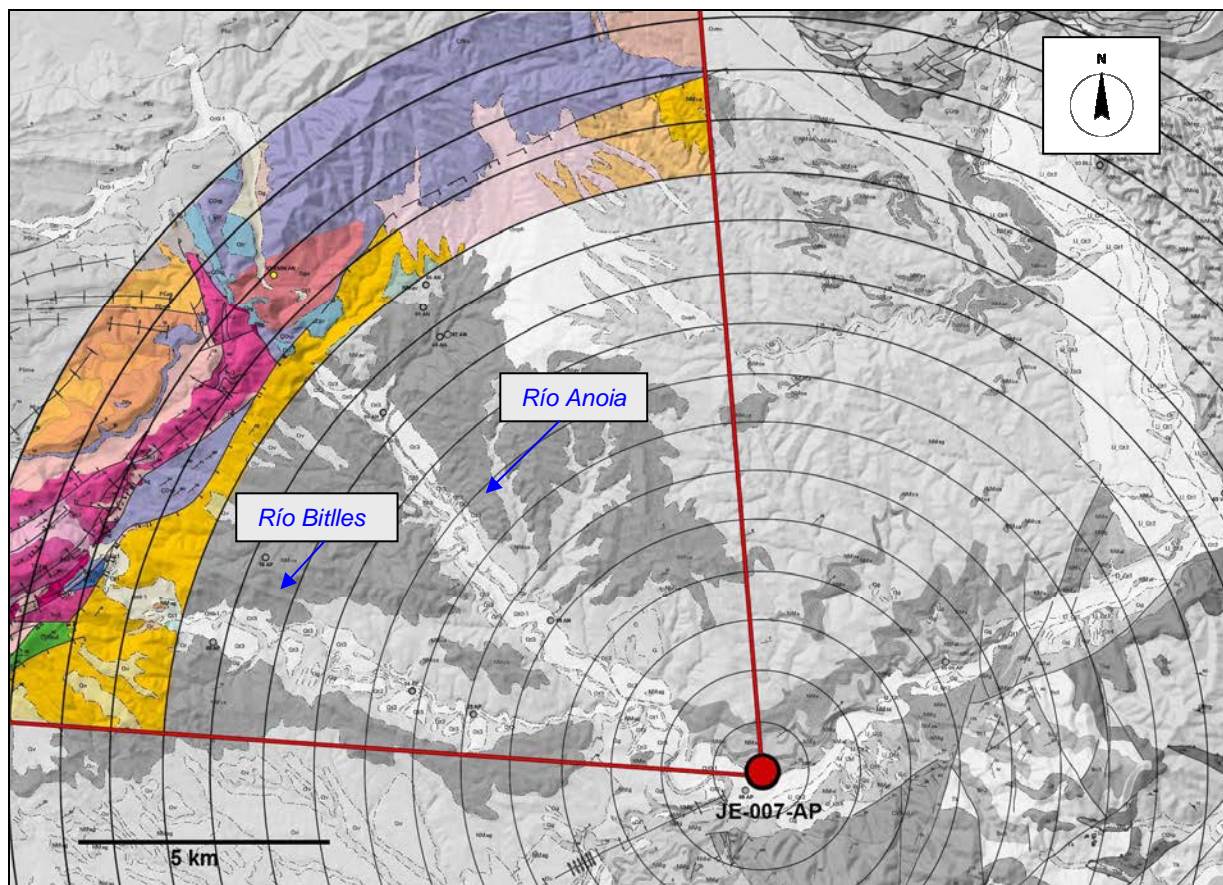


Fig.58: Esquema de la situación de los materiales paleozoicos que se consideran como áreas fuente de los sedimentos que conforman la muestra 007-AP.

Tabla 21: Litología de los relieves que conforman la Cordillera Prelitoral (zona Alt Penedès) y el Eoceno de la Depresión Central Catalana.

| Relieves que conforman la posible área fuente (*) | | | Rocas |
|---|-----------|--|--------------|
| Edad | Símbolos | Litología | |
| Cambroordovícico | ÇOrp | Pizarras micacíticas y pizarras arenosas | METAMÓRFICAS |
| Carbonífero-Pérmico | Ggd | Granodioritas y granitos alcalinos | GRANITOS |
| Triásico inferior | Tbg | Alternancia de areniscas y arcillas | ARENISCAS |
| Triásico medio-superior | Tm2-Tm3 | Calcáreas micríticas y dolomias | CALCÁREAS |
| Jurásico | Jd | Dolomias y calcáreas | CALCÁREAS |
| Cretácico (V-B) | CVBcd | Calcáreas con intercalaciones dolomíticas | CALCÁREAS |
| Eoceno | Pe/c/m/mg | Calcáreas, margas fosilíferas, areniscas y yesos | CALCÁREAS |

(*) ICC/IGME (2006) - Leyenda del mapa geológico 1:50.000

Tabla 22: Litologías obtenidas en cada uno de los afloramientos del Grupo 1

| Litología de los aluviones | | Muestras del Grupo 1 indicando su contenido en % de cada litología | | | | | | | | | | | |
|---|------------------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 05AN | 01AN | 08AN | 10AP | 09AP | 07AP | 07AN | 06AN | 09AN | 04AP | 03AP | 08AP |
| Gravas > 3.72 mm en muestra | Metamórficas | 80 | 89 | 25 | | 10 | 5 | 57 | 17 | 16 | 2 | <1 | 52 |
| | Granitos | | <1 | | 8 | | 1 | 1 | 5 | <1 | | | <1 |
| | Pórfidos/Aplitas | | | | | | 2 | | | 3 | | | 6 |
| | Calcáreas | | | 40 | 60 | 60 | 68 | 32 | 70 | 73 | 70 | 48 | 26 |
| | Cuarzo | 19 | 8 | 16 | 7 | 4 | 8 | 10 | 8 | 8 | 7 | 10 | 14 |
| | Areniscas | | <1 | 15 | 24 | 26 | 8 | 1 | | | 20 | 32 | 2 |
| | Travert/Alterad | | | 4 | | | 6 | | | | | | 9 |
| | Liditas | | 1 | | 1 | | 1 | | | | 1 | | |
| | Ferruginosas | 1 | 2 | | | | 1 | | | | | | |
| | Fósiles | | | | | | si | | | | | | si |
| TOTAL | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | |
| Gravas < 3.72 mm no en fracc. anterior | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | TOTAL | | | | | | | | | | | | |
| Partículas de oro | | no | no | no | no | no | 10 | no | no | no | 1 | 4 | 11 |



Mioceno



Holoceno

Conclusiones

- La litología de los relieves actuales que se han considerado como posibles áreas fuente justifica la presencia de todas las gravas obtenidas en el afloramiento miocénico 007-AP.

- En los afloramientos miocénicos (01-05-08AN y 09-10AP) próximos a la falla el contenido en granitos es prácticamente testimonial, siendo mayoritaria la presencia de rocas calcáreas en (08AN, 09-10AP) y de rocas metamórficas (micaesquistos y pizarras arenosas) en 01-05AN.

- En el afloramiento miocénico 07AP, distal de la falla y junto al curso medio del río Anoia, las gravas son mayoritariamente calcáreas. Algunas procedentes de los materiales triásicos y otras del Eoceno de la Depresión Central Catalana donde inicia actualmente su recorrido el río Anoia (se confirma por la presencia en los sedimentos de conchas de bivalvos y foraminíferos). Las areniscas proceden de los materiales triásicos (se confirma por la abundancia de partículas de goyazita en la fracción de minerales pesados).

- Las gravas recogidas en los afloramientos del curso del río Anoia (06-09AN) son de un contenido calcáreo mayoritario, con una discreta proporción de rocas metamórficas. No así las del río Bitlles (03-04AP) donde la proporción de rocas metamórficas es mínima frente al contenido de calcáreas y areniscas.

- El afloramiento 08AP, situado después de la confluencia de ambos ríos, presenta la suma de sus aportes actuales.

- En la dirección de aporte del río Bitlles los materiales son básicamente calcáreas y areniscas, mientras que en la dirección de aporte del río Anoia se incrementa la cantidad de metamórficas y desaparecen las areniscas.

Tabla 23: Minerales pesados que pueden derivarse de cada grupo de las litologías propuestas por el ICC/IGME (2006) en el plano geológico a escala 1:50.000.

| METAMÓRFICAS | | GRANITOS | | ARENISCAS | CALCÁREAS |
|--------------|--------------|------------|--------------|------------|--------------|
| Anatasa | Fluorapatito | Anatasa | Magnetita | Baritina | Baritina |
| Andalucita | Goethita | Andalucita | Pirritas ox. | Ch.apatito | Pirritas ox. |
| Almandino | Grossularia | Ch.apatito | Rutilo | Circón | |
| Ch.apatito | Hematites | Circón | Titanita | Goyazita | |
| Circón | Hornblenda | Clinocloro | Turmalina | Florencita | |
| Clinocloro | Ilmenita | Cordierita | | Magnetita | |
| Cordierita | Magnetita | Corindón | | Óxidos fe. | |
| Corindón | Monacita | Diópsido | | | |
| Diópsido | Pirritas ox. | Epidota | | | |
| Epidota | Rutilo | Hematites | | | |
| Espessartita | Titanita | Hornblenda | | | |
| Estaurolita | Turmalina | Ilmenita | | | |

Tabla 24: Justificación de la procedencia de los minerales pesados de los afloramientos del Grupo 1

| | | Minerales pesados identificados en los afloramientos del Grupo 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--|--------------|------------|---------|--------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|-----------|------------|--------|----------|----------|----------|--------|-----------|-------------|------------|
| | | X | X | X | X | X | X | X | - | X | X | X | X | X | X | X | - | X | X | X | X | | |
| Litología de los aluviones | | C.H. Apatito | Fluorapatito | Andalucita | Anatasa | Circón | Epidota 1 | Epidota 2 | Estaurolita | Granate Al | Granate Esp | Granate Gr | Magnetita | Óxidos Fe | Pirita ox. | Rutilo | Alunitas | Monacita | Ilmenita | Barita | Turmalina | Pirrolusita | Clinocloro |
| Gravas > 3.72 mm en muestra | Metamórficas | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | | | X | | X | X | X |
| | Granitos | X | X | X | X | X | | X | | | | | X | X | X | X | | | X | | X | | X |
| | Pórfidos/Aplitas | X | X | X | X | X | | X | | | | | X | X | X | X | | | X | | X | | X |
| | Calcáreas | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | X | | |
| | Cuarzo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Areniscas | X | X | | | X | | | | | | | | X | X | | | X | | | | | |
| | Travertinos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Liditas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ferruginosas | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | | | | |
| Gravas < 3.72 mm no en fracc. anterior | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | NINGUNO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Conclusiones:

- Los relieves preexistentes que dieron lugar a los sedimentos miocénicos tuvieron que ser como los actuales, dado que con estos podemos justificar la presencia de todos lo minerales pesados que contienen aquellos.

- Queda por justificar si el oro se formó en zonas de enriquecimiento supergénico (gossans) que fueron devastadas, o si también procede en parte de los filones de cuarzo que se encuentran en los materiales ordovícicos.

Grupo 4 (Tenés)

Se estudian y comparan en este grupo las muestras obtenidas a lo largo del recorrido del Río Tenés, tanto las recogidas en sus márgenes como las correspondientes al Mioceno más próximo, independientemente de que algunas de ellas no contengan partículas de oro (Fig.xx).

El objetivo de este estudio es deducir las áreas fuente de las muestras del Mioceno 004VOR, 006VOR y 007VOR, que si las contienen.

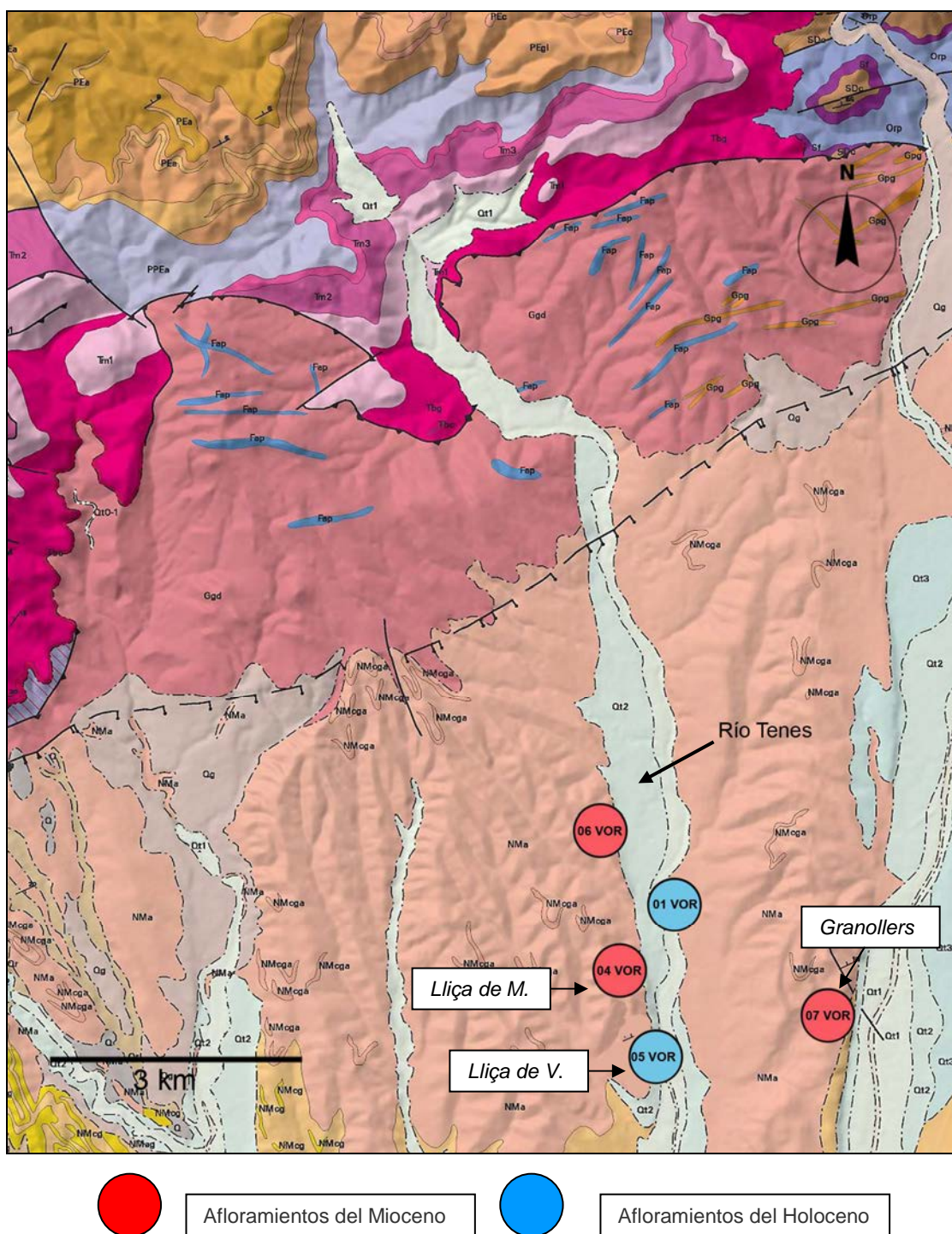


Fig.59: Mapa geológico con la situación de los afloramientos del Grupo 4 (Tenés) relacionados en la página 22. Cartografía original del ICC/IGME (1:50.000 - 2006). Leyendas consultables en el DVD adjunto a la tesis.

Afloramiento JE-004-VOR (Mioceno)

Lliçà d'Amunt, BV-1602, km 5,7

Situación dentro del *horts*: En posición intermedia con respecto a ambas fallas

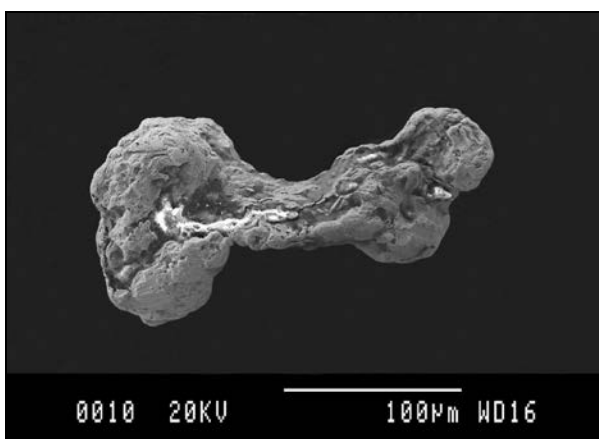
UTMX: 436814E - UTMY: 4606059N

Concentración: Selectiva

Partículas de oro obtenidas: 9

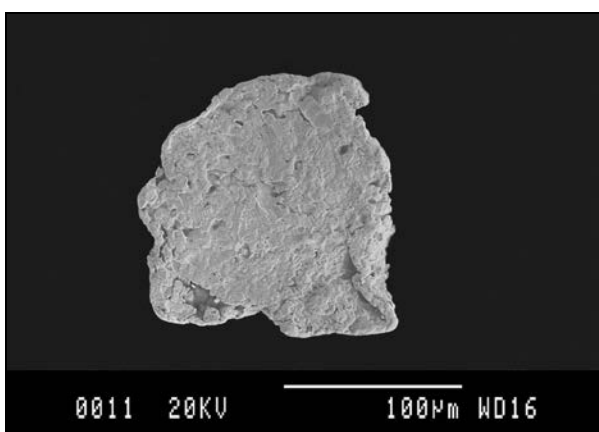
Peso estimado: 5,58 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-04-VOR (descripción morfológica y parámetros)



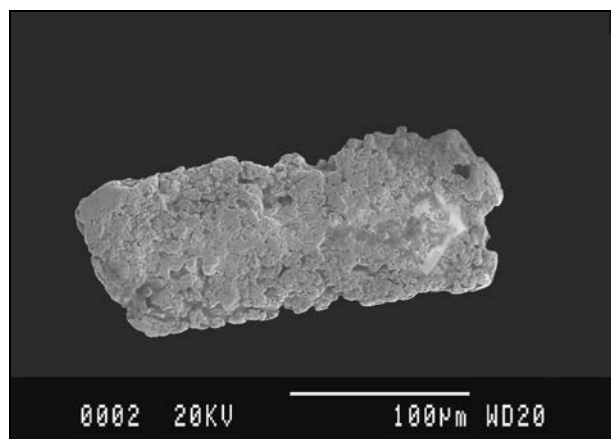
| Partícula: 04VOR-01 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 228,276 µm |
| Anchura (B+) | 117,397 µm |
| Grosor (C+) | 58 µm |
| Superficie | 15248,012 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 125,9101 µm |
| Peso estimado | 0,011 mg |
| SFC | 0,2382 |
| IA | 4,43 |
| Morfología | arriñonada |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología arriñonada e irregular con bordes redondeados y plegamiento acusado con inicio de torsión. Algunas marcas de arrastre. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunas huellas de vacío de otros minerales.



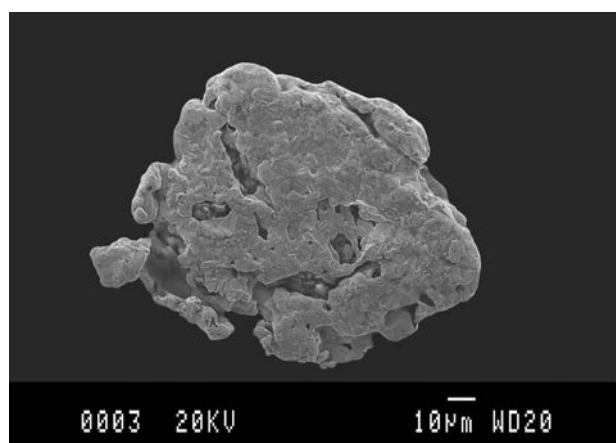
| Partícula: 04VOR-02 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 146,278 µm |
| Anchura (B+) | 140,129 µm |
| Grosor (C+) | 21 µm |
| Superficie | 17263,33 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 92,1678 µm |
| Peso estimado | 0,007 mg |
| SFC | 0,1467 |
| IA | 6,82 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes de subredondeados a subangulosos con inicios de pliegues. Ligeras huellas de arrastre. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunas huellas de vacío de otros minerales. Conserva algunos puntos de contacto con la matriz.



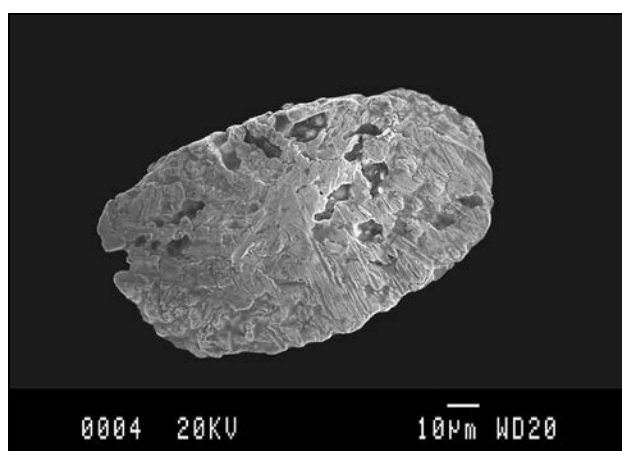
| Partícula: 04VOR-03 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 231,594 μm |
| Anchura (B+) | 92,659 μm |
| Grosor (C+) | 26 μm |
| Superficie | 19082,23 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 96,6079 μm |
| Peso estimado | 0,008 mg |
| SFC | 0,1775 |
| IA | 6,24 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes subangulosos a subredondeados. Superficie policristalina. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunas huellas de vacío de otros minerales.



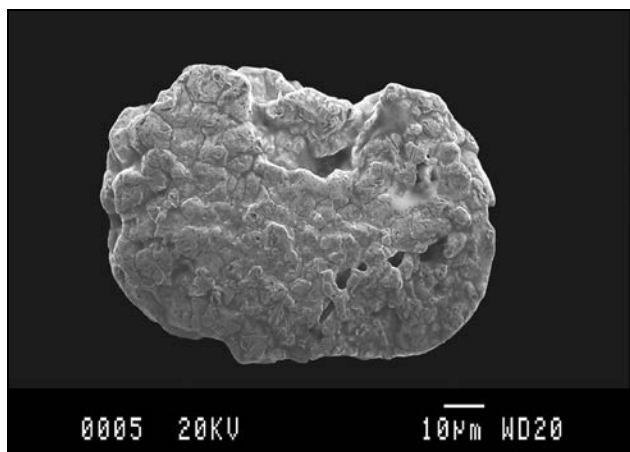
| Partícula: 04VOR-04 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 121,875 μm |
| Anchura (B+) | 105,453 μm |
| Grosor (C+) | 22 μm |
| Superficie | 10531,013 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 78,8862 μm |
| Peso estimado | 0,004 mg |
| SFC | 0,1764 |
| IA | 5,68 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes redondeados con principios de pliegues. Presencia de ganchos (hookets) desgastados. Superficie policristalina. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunas huellas de vacío de otros minerales. En la parte inferior izquierda crecimientos cristalinos estriados y paralelos.



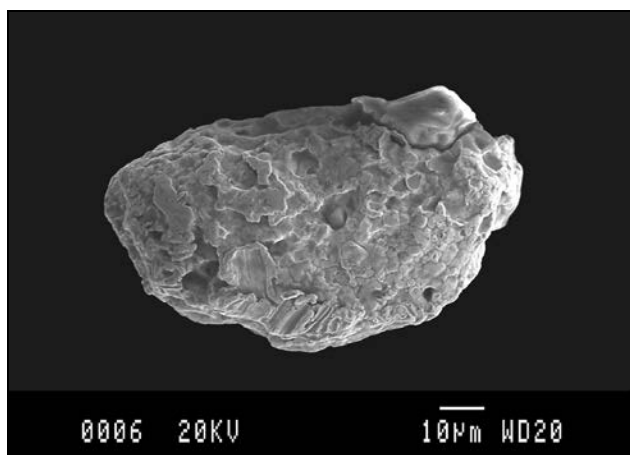
| Partícula: 04VOR-05 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 113,902 μm |
| Anchura (B+) | 68,681 μm |
| Grosor (C+) | 22 μm |
| Superficie | 7065,894 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 66,8548 μm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0,2487 |
| IA | 4,15 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana ligeramente arriñonada. Bordes subredondeados. Numerosas huellas de arrastre. Superficie policristalina ligeramente desgastada. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunas huellas de vacío de otros minerales.



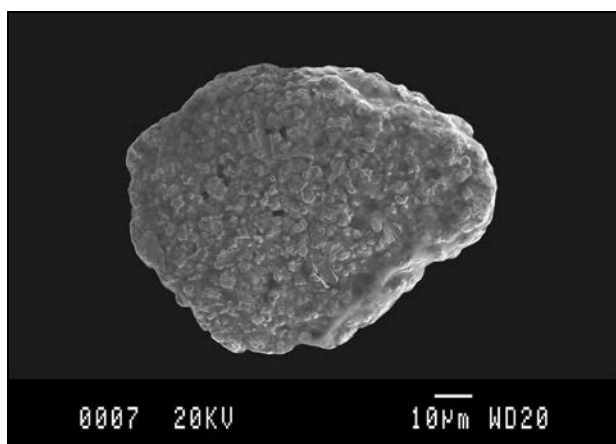
| Partícula: 04VOR-06 | | |
|---------------------------|----------|-----------------|
| Longitud (A+) | 97,687 | μm |
| Anchura (B+) | 67,511 | μm |
| Grosor (C+) | 16 | μm |
| Superficie | 5730,363 | μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 56,0764 | μm |
| Peso estimado | 0,002 | mg |
| SFC | 0,1970 | |
| IA | 5,16 | |
| Morfología | plana | |
| Situación área fuente | distal + | |

Morfología plana. Bordes subredondeados. Superficie policristalina bien desarrollada. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunas huellas de vacío de otros minerales. No hay puntos de contacto ni huellas de arrastre bien desarrolladas. Puede ser una partícula plegada.



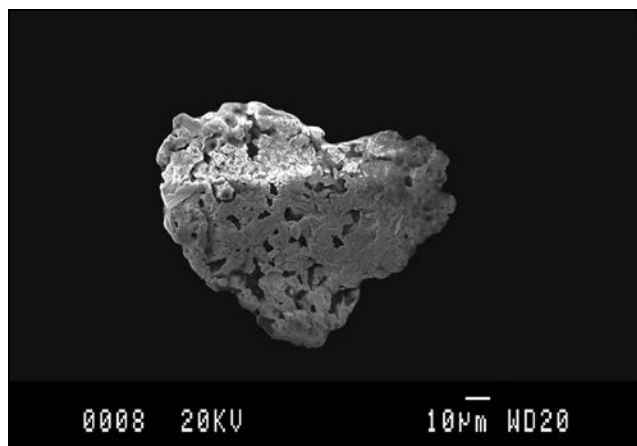
| Partícula: 04VOR-07 | | |
|---------------------------|----------|-----------------|
| Longitud (A+) | 92,498 | μm |
| Anchura (B+) | 53,429 | μm |
| Grosor (C+) | 22 | μm |
| Superficie | 3662,783 | μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 57,3649 | μm |
| Peso estimado | 0,001 | mg |
| SFC | 0,2845 | |
| IA | 3,65 | |
| Morfología | plana | |
| Situación área fuente | distal + | |

Morfología arriñonada. Bordes subredondeados. La superficie policristalina presenta cristales subhédricos algo aplanados. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. En la parte inferior izquierda crecimientos cristalinos paralelos y estriados. Conserva puntos de contacto con la matriz.



| Partícula: 04VOR-08 | | |
|---------------------------|----------|-----------------|
| Longitud (A+) | 98,414 | μm |
| Anchura (B+) | 77,619 | μm |
| Grosor (C+) | 20 | μm |
| Superficie | 5492,09 | μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 64,0372 | μm |
| Peso estimado | 0,002 | mg |
| SFC | 0,2288 | |
| IA | 4,40 | |
| Morfología | plana | |
| Situación área fuente | distal + | |

Morfología plana. Bordes subredondeados. Extensa superficie policristalina con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Aparecen algunas huellas de impacto.

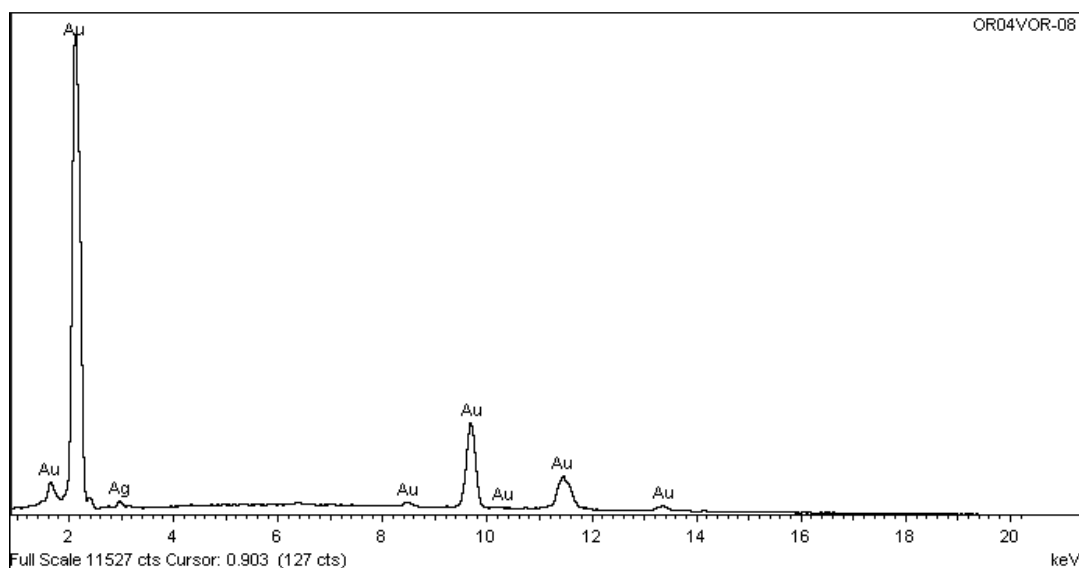


| Partícula: 04VOR-09 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 107,881 µm |
| Anchura (B+) | 103,602 µm |
| Grosor (C+) | 22 µm |
| Superficie | 7397,052 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 75,2976 µm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0,1892 |
| IA | 5,29 |
| Morfología | Agregado-plano |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología con tendencia planar. Agregado flotante de cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Bordes subredondeados con ligeros repliegues. Presencia de posibles ganchos desgastados.

Composición química de las partículas obtenida por EDS y peso específico final

| Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| 04VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 04VOR-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 04VOR-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 04VOR-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 04VOR-05 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 04VOR-06 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 04VOR-07 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 04VOR-08 | 96,13 | 3,87 | | | 18,96 |
| 04VOR-09 | 100,00 | | | | 19,30 |



Espectro EDS correspondiente a la composición química de la partícula 04VOR-08

Se representa el diagrama de Zingg-Krumbein para determinar a que dominio morfológico pertenece cada partícula (Tabla 25) y (Fig.60).

Tabla 25: Dimensiones de los ejes utilizadas para representar el diagrama de Zingg-Krumbein considerando el eje C en su valor máximo.

| Partícula | A+ (µm) | B+ (µm) | C+ (µm) | B+/A+ | C+/B+ |
|-----------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 04VOR-01 | 228,276 | 117,397 | 58 | 0,51 | 0,49 |
| 04VOR-02 | 146,278 | 140,129 | 21 | 0,96 | 0,15 |
| 04VOR-03 | 231,594 | 92,659 | 26 | 0,40 | 0,28 |
| 04VOR-04 | 121,875 | 105,453 | 22 | 0,87 | 0,21 |
| 04VOR-05 | 113,902 | 68,681 | 22 | 0,60 | 0,32 |
| 04VOR-06 | 97,687 | 67,511 | 16 | 0,69 | 0,24 |
| 04VOR-07 | 92,498 | 53,429 | 22 | 0,58 | 0,41 |
| 04VOR-08 | 98,414 | 77,619 | 20 | 0,79 | 0,26 |
| 04VOR-09 | 107,881 | 103,602 | 22 | 0,96 | 0,21 |

Caracterización morfológica de las partículas de oro del afloramiento JE-004VOR

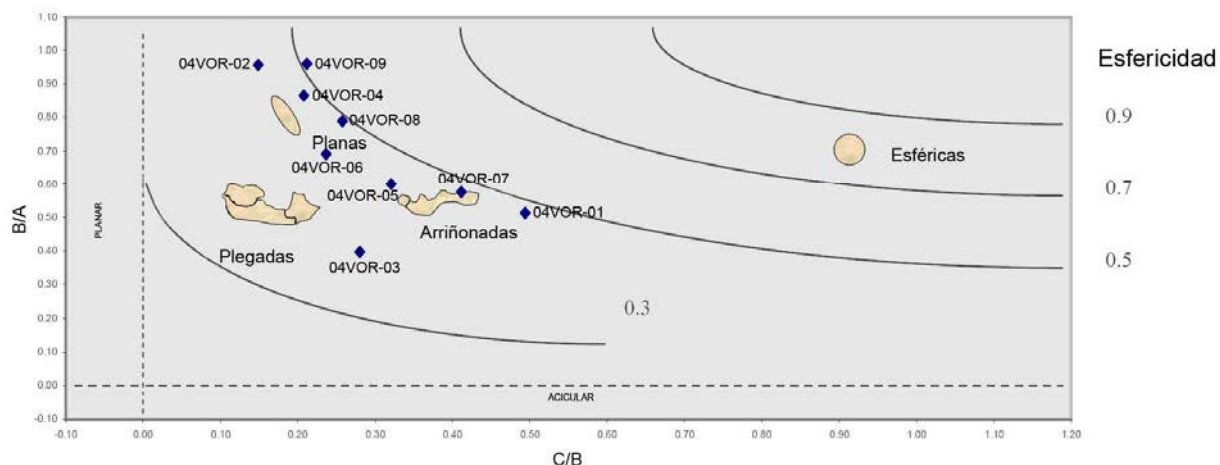


Fig.60: Diagrama de Zingg-Krumbein (modificado Viladevall, 1991). Siendo A el diámetro mayor, B el diámetro mayor perpendicular al A y C el grosor de la partícula. En ordenadas a la derecha los valores de esfericidad de Krumbein

Se observa en el diagrama que estas partículas se sitúan mayoritariamente en sector correspondiente a las morfologías planas y plegadas. Excepto 04VOR-01, 04VOR-05 y 04VOR-07 que son arriñonadas.

Las partículas presentan bordes redondeados, subredondeados o subangulosos con tendencia generalizada a subredondeados..

Son manifiestas las superficies policristalinas en todas ellas excepto en la 04VOR-01

Planas con formas arriñonadas la 04VOR-01, 04VOR-05 y 04VOR-07

Plana y posiblemente plegada la 04VOR-01 y 04VOR-06

Presencia manifiesta de ganchos (*hookets*) en la 04VOR-04 y 04VOR-09

Todas estas características morfológicas, antes de calcular los parámetros morfométricos, apuntan a un área fuente medianamente distante (≤ 10 km).

Cálculo y representación de los parámetros morfométricos

De acuerdo con lo expuestos en las consideraciones previas, se detallan las características morfológicas que se han tenido en cuenta para la elección del valor de **C** aplicable para cada partícula (Tabla 26) y se representan los valores de SFC e IA (Figs. 61 y 62).

| Valor aplicable - Ce | Partículas | Características morfológicas consideradas |
|----------------------|----------------|---|
| C calculado | 01-04-07-09 | Planas irregulares con inicio de pliegues |
| C deducido | 00 | Plegada y aplanada |
| C máximo | 02-03-05-06-08 | Planas con superficie irregular |

Tabla 26: En números azules los valores escogidos. En las columnas **C selecc** (color verde), se relacionan los valores utilizados para la confección de los gráficos.

| Partícula | C+/Ce (μm) | C+ | | C calc (μm) | C calc | | C- (μm) | C- | | C selecc | |
|-----------|---------------------------------------|--------|------|-----------------------------|--------|------|----------------------|--------|------|----------|------|
| | | SFC | IA | | SFC | IA | | SFC | IA | | |
| 04VOR-01 | 58 | 0,3543 | 2,98 | 39 | 0,2382 | 4,43 | 26 | 0,1588 | 6,65 | 0,2382 | 4,43 |
| 04VOR-02 | 21 | 0,1467 | 6,82 | 20 | 0,1397 | 7,16 | 19 | 0,1327 | 7,54 | 0,1467 | 6,82 |
| 04VOR-03 | 26 | 0,1775 | 6,24 | 22 | 0,1502 | 7,37 | 18 | 0,1229 | 9,01 | 0,1775 | 6,24 |
| 04VOR-04 | 22 | 0,1941 | 5,17 | 20 | 0,1764 | 5,68 | 18 | 0,1588 | 6,31 | 0,1764 | 5,68 |
| 04VOR-05 | 22 | 0,2487 | 4,15 | 20 | 0,2261 | 4,56 | 18 | 0,2035 | 5,07 | 0,2487 | 4,15 |
| 04VOR-06 | 16 | 0,1970 | 5,16 | 14 | 0,1724 | 5,90 | 12 | 0,1478 | 6,88 | 0,1970 | 5,16 |
| 04VOR-07 | 22 | 0,3129 | 3,32 | 20 | 0,2845 | 3,65 | 18 | 0,2560 | 4,05 | 0,2845 | 3,65 |
| 04VOR-08 | 20 | 0,2288 | 4,40 | 18 | 0,2059 | 4,89 | 16 | 0,1831 | 5,50 | 0,2288 | 4,40 |
| 04VOR-09 | 22 | 0,2081 | 4,81 | 20 | 0,1892 | 5,29 | 18 | 0,1703 | 5,87 | 0,1892 | 5,29 |
| 04VOR | Promedio de los valores seleccionados | | | | | | | | | 0,2097 | 5,09 |

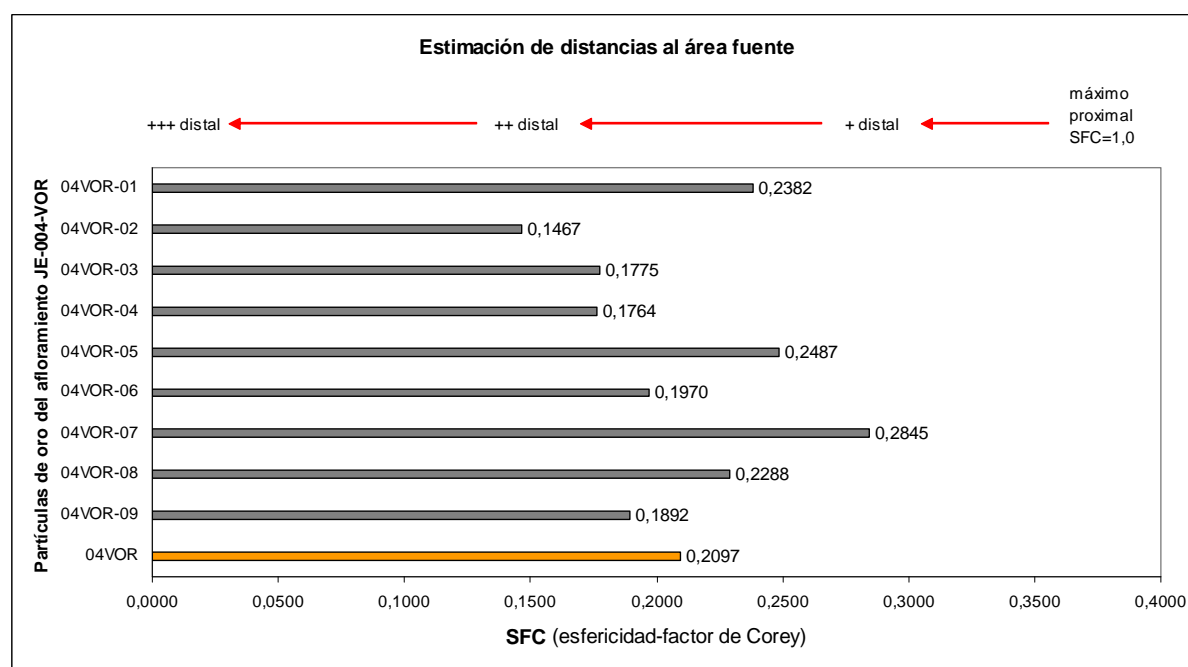


Fig.61: Representación de los valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas 04VOR-01 a 04VOR-10. Las flechas indicadoras de las distancias son de carácter orientativo.

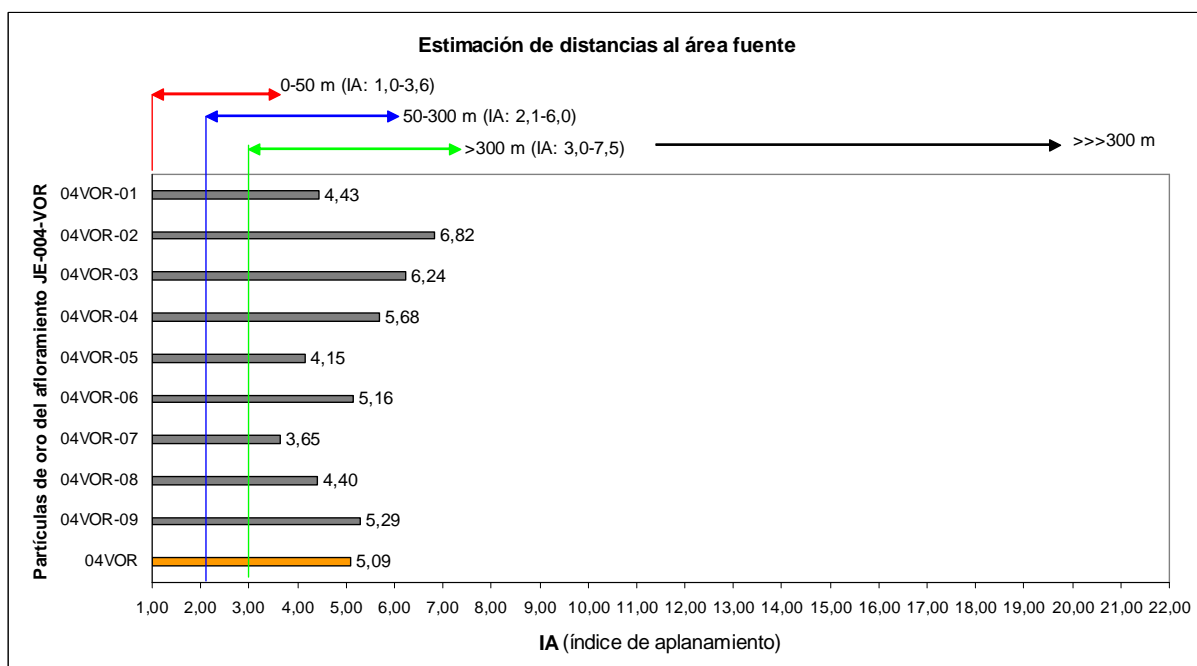


Fig.62: Representación de los valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas 04VOR-01 a 04VOR-10. Con carácter informativo y en flechas de color, las distancias propuestas por Townley et al. (2003).

Los valores promedio, obtenidos tanto para SFC (0,1699), como para IA (6,53), corresponden a partículas que proceden de un área fuente que estimamos poco distante (≤ 10 km).

Afloramiento JE-006-VOR (Mioceno)

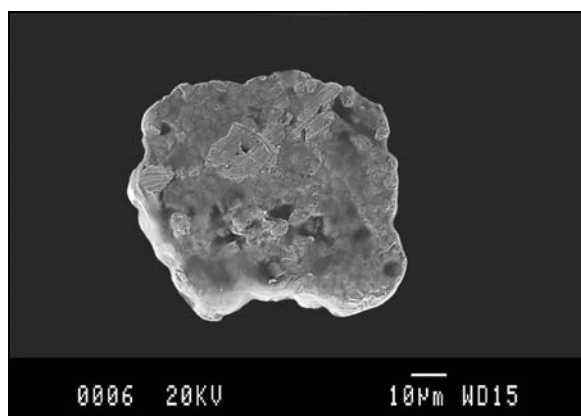
Llicà d'Amunt, (BV-1435, km 7,7), camino de Can Carreres

Situación dentro del horts: Proximal a la falla septentrional

UTMX: 436379E - UTM Y: 4607869N

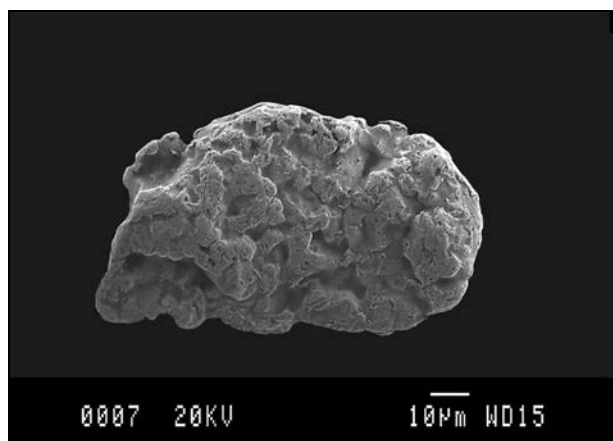
Concentración: Selectiva Partículas de oro obtenidas: 4 Peso estimado: 0,79 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-006-VOR (descripción morfológica y parámetros)



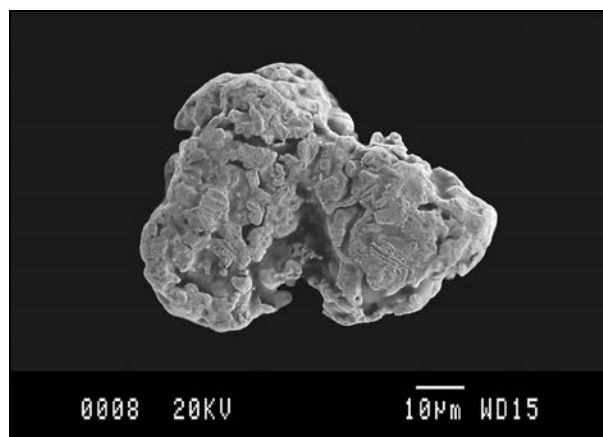
| Partícula: 06VOR-01 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 84,823 μm |
| Anchura (B+) | 74,222 μm |
| Grosor (C+) | 20 μm |
| Superficie | 4178,887 μm^2 |
| Diámetro equivalente (ED) | 55,2151 μm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,1764 |
| IA | 5,68 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes de redondeados a subredondeados. Superficie policristalina más desarrollada en la parte superior izquierda. Huellas de arrastre. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunas huellas de vacío de otros minerales.



| Partícula: 06VOR-02 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 98,198 μm |
| Anchura (B+) | 58,949 μm |
| Grosor (C+) | 20 μm |
| Superficie | 4499,710 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 56,1349 μm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,2103 |
| IA | 4,91 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes subredondeados con ligeros repliegues. Presencia de ganchos algo plegados. Superficie policristalina medianamente desgastada. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunas huellas de vacío correspondientes a la matriz.



| Partícula: 06VOR-03 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 73,609 μm |
| Anchura (B+) | 55,902 μm |
| Grosor (C+) | 18 μm |
| Superficie | 2673,501 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 47,9177 μm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,2182 |
| IA | 4,63 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes subredondeados con ligeros repliegues. Presencia de ganchos muy desgastados. Superficie policristalina bien desarrollada con cavidades ocupadas por cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Algunas huellas de vacío de otros minerales. Crecimientos cristalinos paralelos y estriados.



| Partícula: 06VOR-04 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 178,222 μm |
| Anchura (B+) | 47,907 μm |
| Grosor (C+) | 20 μm |
| Superficie | 8446,758 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 61,1171 μm |
| Peso estimado | 0,002 mg |
| SFC | 0,2164 |
| IA | 5,65 |
| Morfología | arriñonada |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología arriñonada. Bordes de subredondeados a subangulosos. Superficie ligeramente policristalina en el centro. Pliegue en la parte inferior izquierda. Huellas de arrastre abundantes. En la parte superior cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Algunas huellas de vacío de otros minerales.

Afloramiento JE-007-VOR

Granollers (Coll de la Manya)

Situación dentro del *horts*: En posición intermedia con respecto a ambas fallas

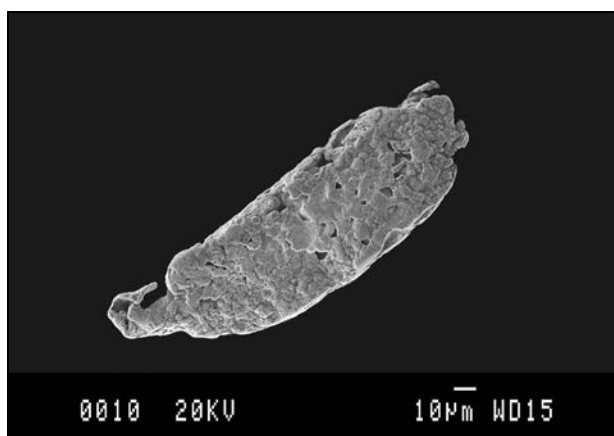
UTMX: 439424E - UTMY: 4605500N

Concentración: Selectiva

Partículas de oro obtenidas: 1

Peso estimado: <0,01 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-007VOR (descripción morfológica y parámetros)



| Partícula: 07VOR-01 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 170,997 µm |
| Anchura (B+) | 54,170 µm |
| Grosor (C+) | 22 µm |
| Superficie | 8445,548 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 65,6582 µm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0,2286 |
| IA | 5,12 |
| Morfología | Plana/arriñonada |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana con tendencia arriñonada. Bordes de subredondeados a subangulosos. Superficie policristalina ligeramente desgastada. Ganchos (hookets) replegados. Algunas cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Numerosas huellas de vacío correspondientes a la matriz. Partícula que suponemos plegada aunque no en su totalidad.

Composición química de las partículas obtenida por EDS y peso específico final

| Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| 06VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 06VOR-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 06VOR-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 06VOR-04 | 98,97 | 1,03 | | | 19,21 |
| 07VOR-01 | 99,25 | 0,75 | | | 19,23 |

Se representa el diagrama de Zingg-Krumbein para determinar a que dominio morfológico pertenece cada partícula (Tabla 27) y (Fig.63).

Tabla 27: Dimensiones de los ejes utilizadas para representar el diagrama de Zingg-Krumbein considerando el eje C en su valor máximo.

| Partícula | A+ (µm) | B+ (µm) | C+ (µm) | B+/A+ | C+/B+ |
|-----------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 06VOR-01 | 84,823 | 74,222 | 20 | 0,88 | 0,27 |
| 06VOR-02 | 98,198 | 58,949 | 20 | 0,60 | 0,34 |
| 06VOR-03 | 73,609 | 55,902 | 18 | 0,76 | 0,32 |
| 06VOR-04 | 178,222 | 47,907 | 20 | 0,27 | 0,42 |
| 07VOR-01 | 170,997 | 54,170 | 22 | 0,32 | 0,41 |

Caracterización morfológica de las partículas de oro del afloramiento JE-006-VOR

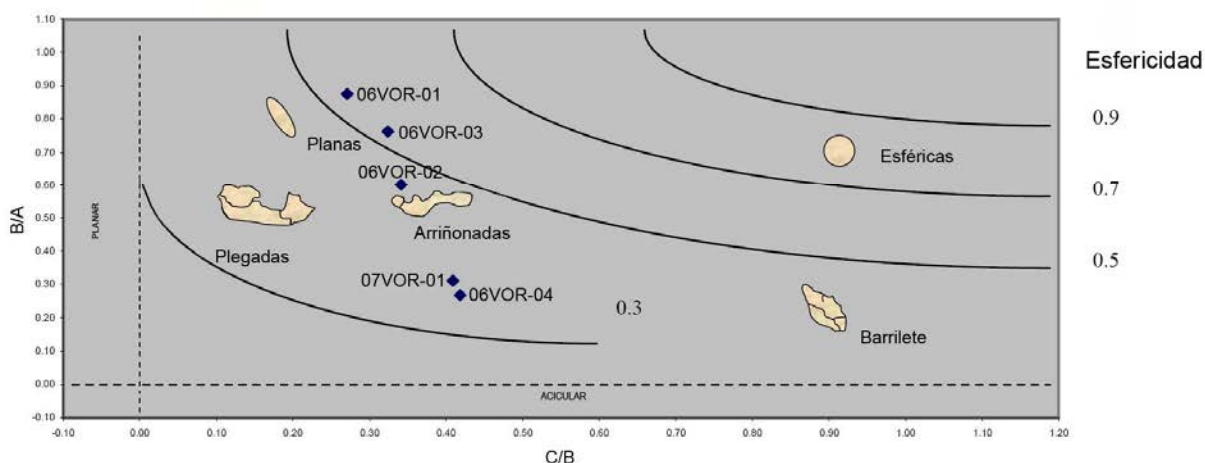


Fig.63: Diagrama de Zingg-Krumbein (modificado Viladevall, 1991). Siendo A el diámetro mayor, B el diámetro mayor perpendicular al A y C el grosor de la partícula. En ordenadas a la derecha los valores de esfericidad de Krumbein

Se observa en el diagrama que estas partículas se sitúan en sector correspondiente a las morfologías planas y plegadas. Excepto la 06VOR-04 arriñonada y la 06VOR-07 que es plana-arriñonada.

Las partículas presentan bordes redondeados o subredondeados, en algunas ligeramente subangulosos

Son manifiestas las superficies policristalinas.

Planas con formas arriñonadas la 06VOR-04 y 07VOR-01

Posiblemente plegadas la 06VOR-04 y 07VOR-01

Presencia de ganchos (*hookets*) en 06VOR-02, 06VOR-03 y 07VOR-01

Todas estas características morfológicas, antes de calcular los parámetros morfométricos, apuntan a un área fuente medianamente distante (≤ 10 km).

Cálculo y representación de los parámetros morfométricos

De acuerdo con lo expuestos en las consideraciones previas, se detallan las características morfológicas que se han tenido en cuenta para la elección del valor de **C** aplicable para cada partícula (Tabla 28) y se representan los valores de SFC e IA (Figs. 64 y 65).

| Valor aplicable - Ce | Partículas | Características morfológicas consideradas |
|----------------------|------------|---|
| C calculado | 01-02-03 | Planas irregulares |
| C deducido | 00 | |
| C máximo | 04-01 | Arriñonadas con superficie irregular |

Tabla 28: En números azules los valores escogidos. En las columnas **C seleccion** (color verde), se relacionan los valores utilizados para la confección de los gráficos.

| Partícula | C+/Ce (μm) | C+ | C+ | C calc (μm) | C calc | C calc | C- (μm) | C- | C- | C seleccion | C seleccion |
|-----------|---------------------------------------|--------|------|-----------------------------|--------|--------|----------------------|--------|-------|-------------|-------------|
| | | SFC | IA | | SFC | IA | | SFC | IA | SFC | IA |
| 06VOR-01 | 20 | 0,2521 | 3,98 | 14 | 0,1764 | 5,68 | 12 | 0,1512 | 6,63 | 0,1764 | 5,68 |
| 06VOR-02 | 20 | 0,2629 | 3,93 | 16 | 0,2103 | 4,91 | 12 | 0,1577 | 6,55 | 0,2103 | 4,91 |
| 06VOR-03 | 18 | 0,2806 | 3,60 | 14 | 0,2182 | 4,63 | 14 | 0,2182 | 4,63 | 0,2182 | 4,63 |
| 06VOR-04 | 20 | 0,2164 | 5,65 | 14 | 0,1515 | 8,08 | 12 | 0,1299 | 9,42 | 0,2164 | 5,65 |
| 07VOR-01 | 22 | 0,2286 | 5,12 | 16 | 0,1662 | 7,04 | 10 | 0,1039 | 11,26 | 0,2286 | 5,12 |
| 06-07VOR | Promedio de los valores seleccionados | | | | | | | | | 0,2100 | 5,20 |

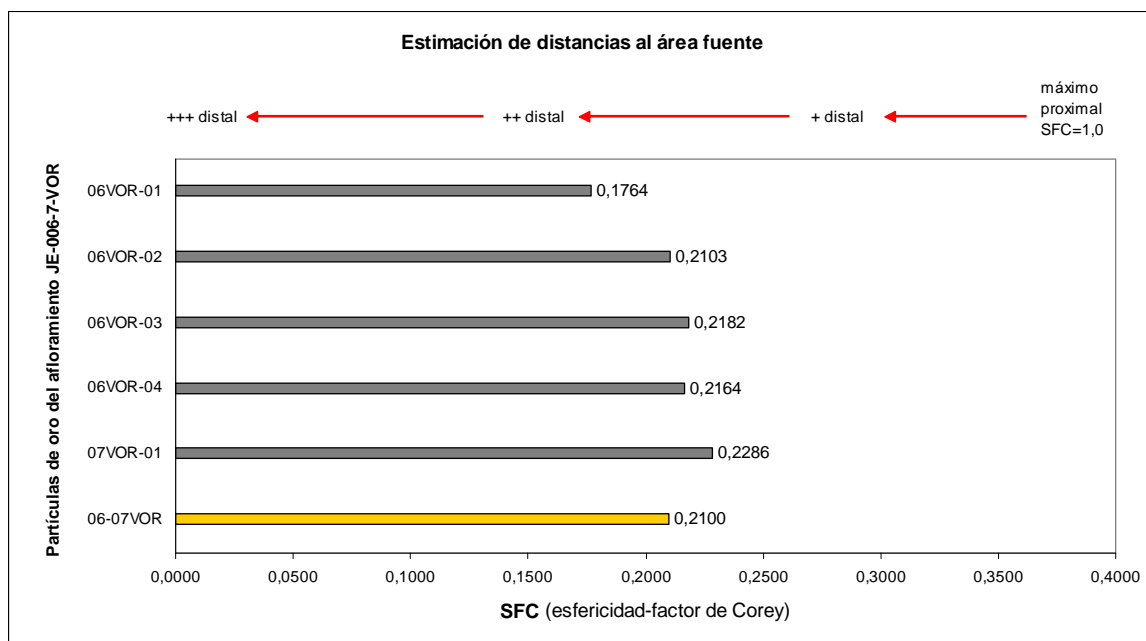


Fig.64: Representación de los valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas 06VOR-01 a 06VOR-04 y 07VOR-01. Las flechas indicadoras de las distancias son de carácter orientativo.

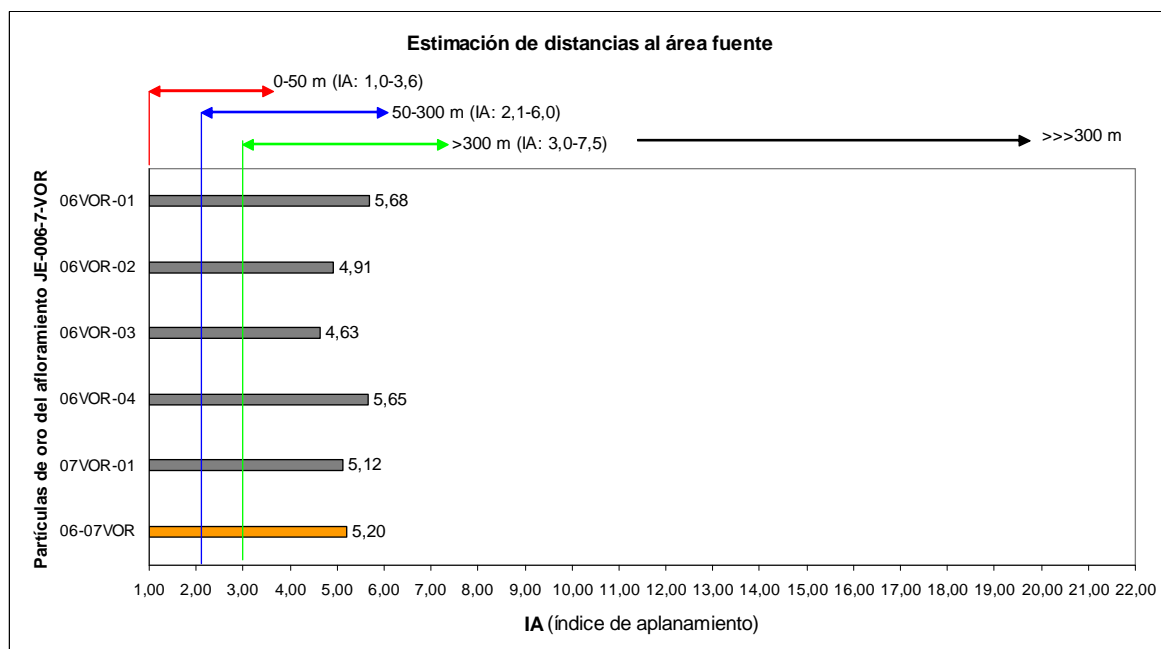


Fig.65: Representación de los valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas 06VOR-01 a 06VOR-04 y 07VOR-01. Con carácter informativo y en flechas de color, las distancias propuestas por Townley et al. (2003).

Los valores promedio, obtenidos tanto para SFC (0,2100), como para IA (5,20), corresponden a partículas que proceden de un área fuente que estimamos poco distante (<10km).

Afloramientos del Holoceno del Grupo 4

En la dirección de aporte supuesta para las muestras del Mioceno del Grupo 4, junto al margen derecho de río Tenes se sitúa el afloramiento del Holoceno JE-005-VOR que ha facilitado 2 partículas de oro. En el margen izquierdo el afloramiento JE-001-VOR, que sin presencia de oro, se estudia a nivel litológico para obtener una mejor información de conjunto.

El río Tenes nace próximo a St. Quirze de Safaja, dentro de la Depresión Central Catalana y atraviesa la falla septentrional junto a Sta. Eulalia de Ronsana. Hasta esta localidad mantiene un fuerte descenso de 66 metros por km, lo que supone una intensa acción erosiva, disminuyendo en adelante a 7 m por km, pasando los desniveles a ser suaves y en ligero descenso, dando lugar a un transporte poco agresivo (Fig.66).

La longitud del río en línea recta es de aproximadamente 20 km, siendo el recorrido real de 32,5 km.

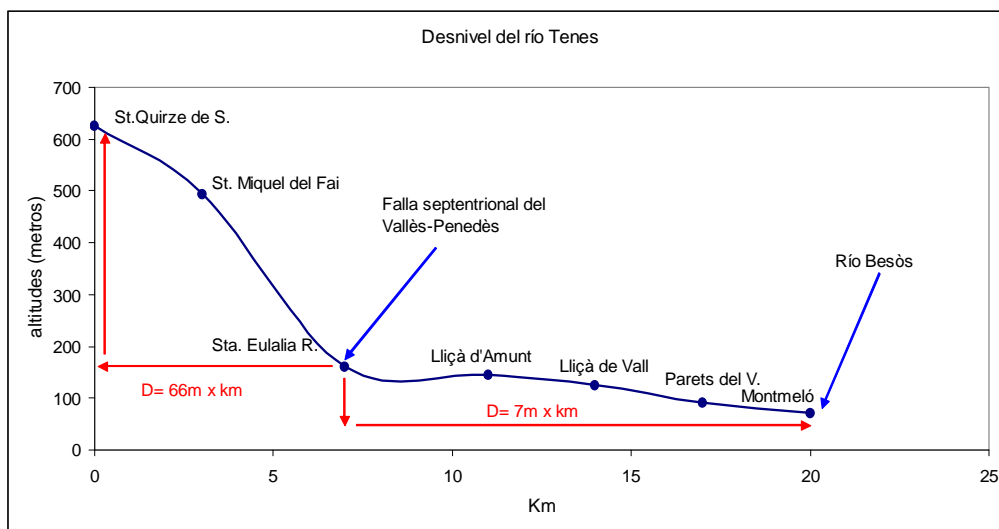


Fig.66: Representación del desnivel del río Tenes desde St. Quirze S. hasta Montmeló

Afloramiento JE-005-VOR (Holoceno)

Lliça de Vall / Río Tenes

Situación: Margen derecho del Río Tenes. Cauce fluvial de origen externo a la falla septentrional y toma de muestras en el Mioceno (GRPAMI).

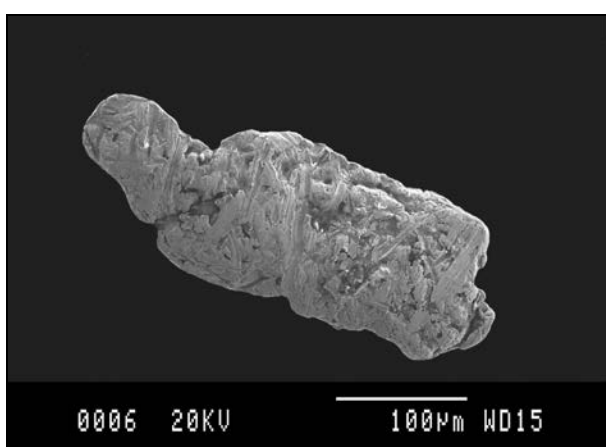
UTMX: 437083E - UTM Y: 4605046N

Concentración: Selectiva

Partículas de oro obtenidas: 2

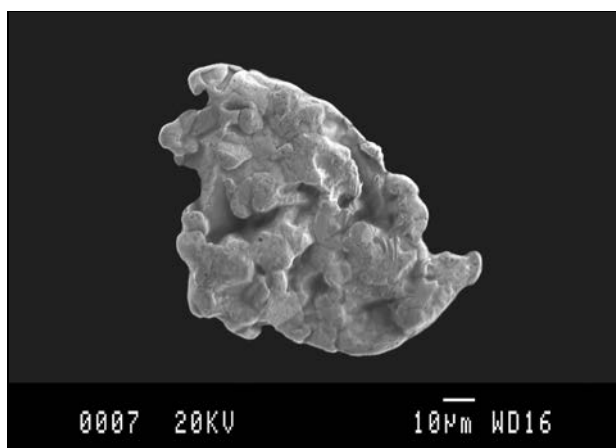
Peso estimado: 2,63 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-005-VOR (descripción morfológica y parámetros)



| Partícula: 05VOR-01 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 101,429 µm |
| Anchura (B+) | 70,908 µm |
| Grosor (C+) | 28/24 µm |
| Superficie | 34436,346 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 57,7203 µm |
| Peso estimado | 0,002 mg |
| SFC | 0,1130 |
| IA | 9,88 |
| Morfología | plegada |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plegada. Bordes redondeados a subredondeados. Numerosas huellas de arrastre, entre las cuales se encuentran superficies policristalinas aplanadas. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunas huellas de vacío correspondientes a la matriz.



| Partícula: 05VOR-02 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 143,127 µm |
| Anchura (B+) | 103,871 µm |
| Grosor (C+) | 15 µm |
| Superficie | 5825,276 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 73,5272 µm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0,1792 |
| IA | 5,65 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Agregado flotante de cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Bordes subredondeados con ligeros repliegues. Presencia de formas de gancho con principio de desgaste. Morfología con tendencia planar. Cavidades de vacío de la roca o mineral encajante.

Composición química de las partículas obtenida por EDS y peso específico

| Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| 05VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 05VOR-02 | 100,00 | | | | 19,30 |

Se representa el diagrama de Zingg-Krumbein para determinar a que dominio morfológico pertenece cada partícula (Tabla 29) y (Fig.67).

Tabla 29: Dimensiones de los ejes utilizadas para representar el diagrama de Zingg-Krumbein considerando el eje C en su valor máximo.

| Partícula | A+ (µm) | B+ (µm) | C+ (µm) | B+/A+ | C+/B+ |
|-----------|---------|---------|---------|-------|-------|
| 05VOR-01 | 342,468 | 131,817 | 28 | 0,38 | 0,21 |
| 05VOR-02 | 111,270 | 80,904 | 20 | 0,73 | 0,25 |

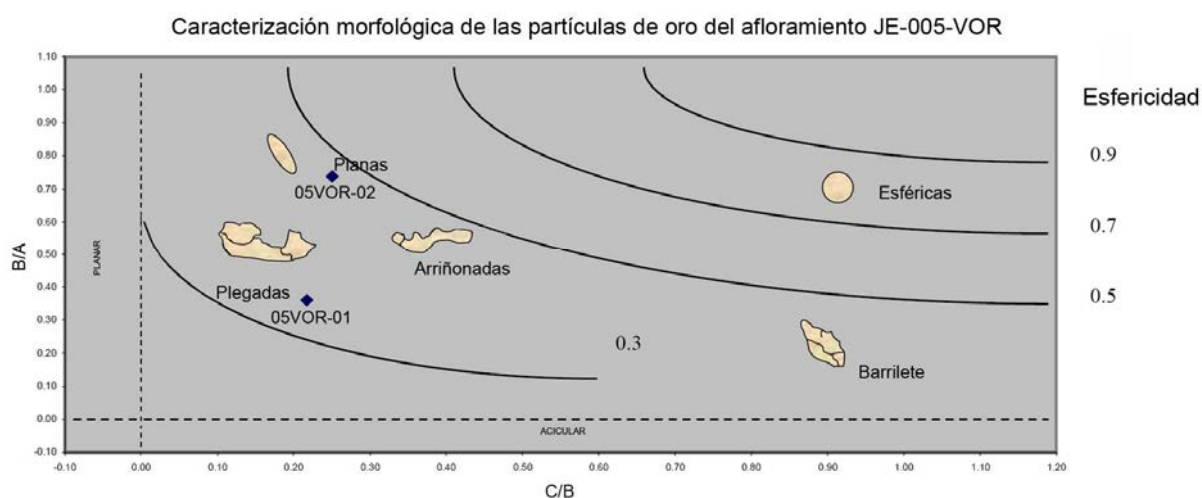


Fig.67: Diagrama de Zingg-Krumbein (modificado Viladevall, 1991). Siendo A el diámetro mayor, B el diámetro mayor perpendicular al A y C el grosor de la partícula. En ordenadas a la derecha los valores de esfericidad de Krumbein

Se observa en el diagrama que estas partículas se sitúan en sector correspondiente a las morfologías planas y plegadas.

Las dos partículas presentan bordes redondeados.

Ligeramente plana y posiblemente plegada la 05VOR-01, con restos de pequeñas superficies policristalinas y numerosas huellas de arrastre.

Formas subhédricas, ganchos algo desgastados y cavidades de vacío en la 05VOR-02

Todas estas características morfológicas, antes de calcular los parámetros morfométricos, apuntan a un área fuente cercana (<10km) especialmente para la 05VOR-02.

Cálculo y representación de los parámetros morfométricos

De acuerdo con lo expuestos en las consideraciones previas, se detallan las características morfológicas que se han tenido en cuenta para la elección del valor de C aplicable para cada partícula (Tabla 30) y se representan los valores de SFC e IA (Figs. 68 y 69).

| Valor aplicable - Ce | Partículas | Características morfológicas consideradas |
|----------------------|------------|---|
| C calculado | 02 | Cristales subhédricos aplanados y cavidades vacío |
| C deducido | 01 | Plegada y aplanada. Reducimos valor de C |

Tabla 30: En números azules los valores escogidos. En las columnas **C selecc** (color verde), se relacionan los valores utilizados para la confección de los gráficos.

| Partícula | C+/Ce (μm) | C+ | C+ | C calc (μm) | C calc | C calc | C- (μm) | C- | C- | C selecc | C selecc |
|-----------|---------------------------------------|--------|------|-----------------------------|--------|--------|----------------------|--------|------|----------|----------|
| | | SFC | IA | | SFC | IA | | SFC | IA | SFC | IA |
| 05VOR-01 | 28/24 | 0,1130 | 9,88 | 14 | 0,1764 | 5,68 | 12 | 0,1512 | 6,63 | 0,1130 | 9,88 |
| 05VOR-02 | 20 | 0,2629 | 3,93 | 17 | 0,1792 | 5,65 | 12 | 0,1577 | 6,55 | 0,1792 | 5,65 |
| 05VOR | Promedio de los valores seleccionados | | | | | | | | | 0,1461 | 7,77 |

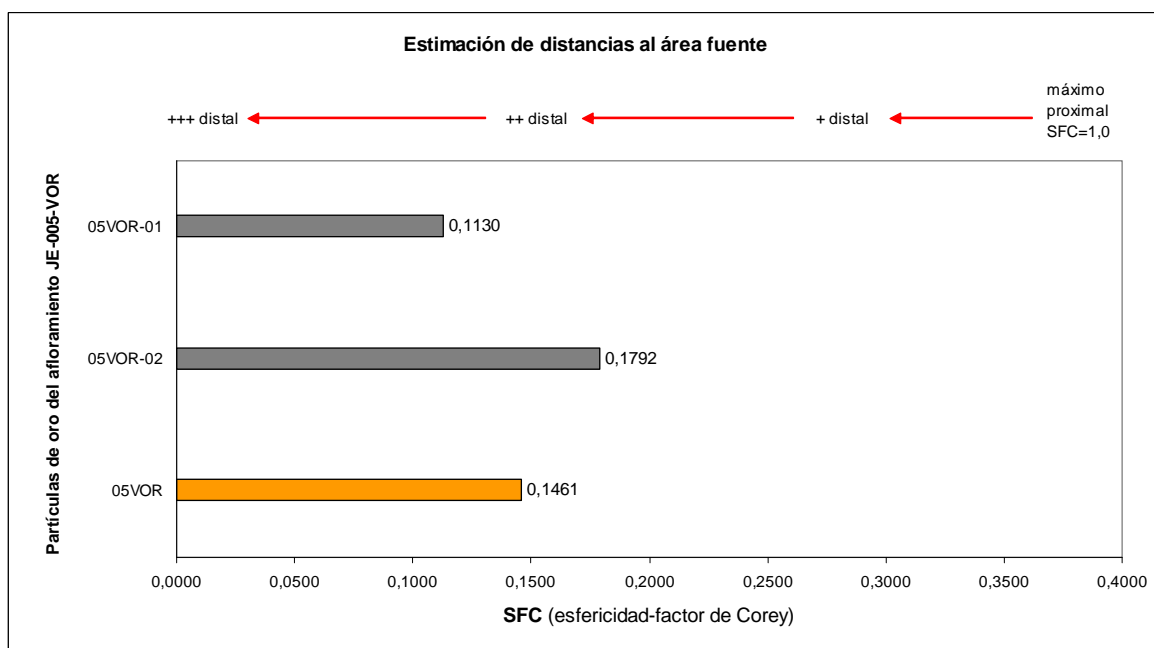


Fig.68: Representación de los valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas 05VOR-01 y 05VOR-02. Las flechas indicadoras de las distancias son de carácter orientativo.

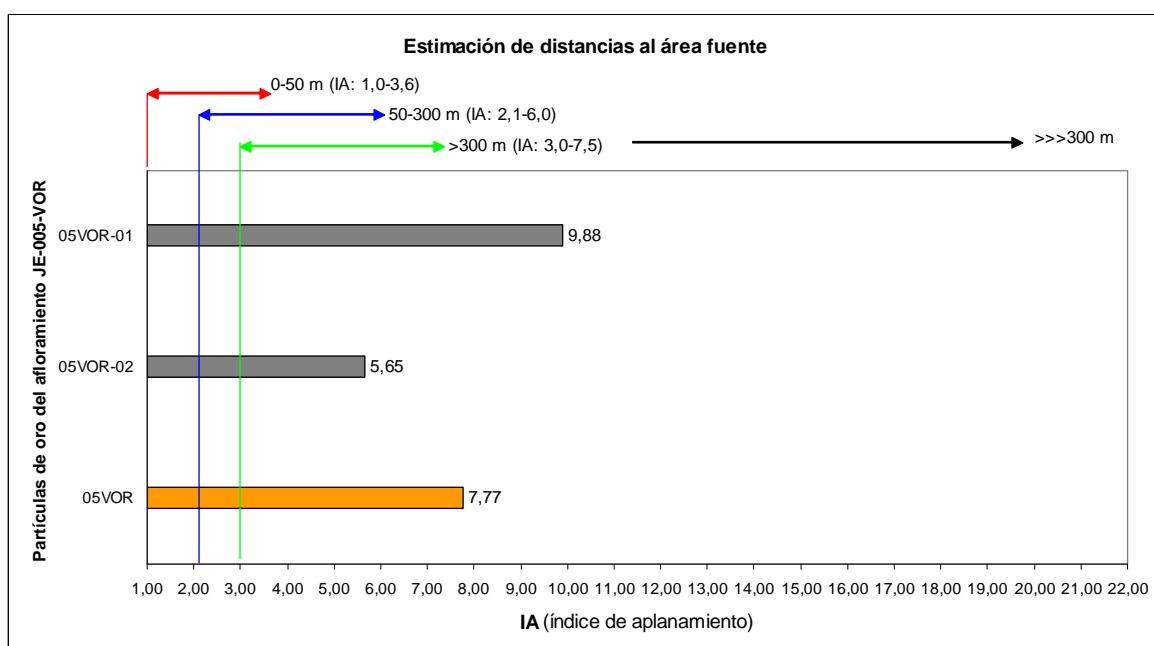


Fig.69: Representación de los valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas 05VOR-01 y 05VOR-02. Con carácter informativo y en flechas de color, las distancias propuestas por Townley et al.

Los valores promedio, obtenidos tanto para SFC (0,1461), como para IA (7,77), corresponden a partículas que proceden de un área fuente que estimamos poco distante ($\leq 10\text{km}$).

Hipótesis de situación de las áreas fuente

Con los valores obtenidos de los parámetros morfométricos de las partículas de oro de estos cinco afloramientos y teniendo en cuenta que los materiales más próximos una vez superada la falla septentrional corresponden a intrusiones graníticas que limitan al norte con materiales del Mesozoico y del Cenozoico, sin presencia adyacente de Paleozoico, sería lógico asociar las partículas de oro del Mioceno a los materiales graníticos preexistentes situados al N de dichos afloramientos, que se encuentran a una distancia en línea recta inferior a los 10km. Siendo las partículas del Holoceno heredadas de aquel.

Hemos consultado la existencia de yacimientos minerales que hayan sido citados en esta zona de la Cordillera Prelitoral y que pudieron haber suministrado materiales al Mioceno. En "Els Minerals de Catalunya", (JM.Mata Perelló -1990), describe la presencia de:

- **Formaciones filonianas de minerales de cobre:** Son relativamente abundantes, aunque de poca importancia. Se trata de pequeños filones de cuarzo, enriquecidos en minerales de cobre. Encajonados en los granitos. En general los minerales presentes son: Calcopirita, pirita, goethita, azurita, malaquita y cuarzo. La baritina puede estar presente. Se citan en Bigues.

Las monteras devastadas de alguna de estas mineralizaciones y los abundantes filones de cuarzo pudieron haber aportado las partículas de oro que hemos localizado en el sector.

La situación de las áreas fuente se puede asimilar a la que se expone en la Fig.70

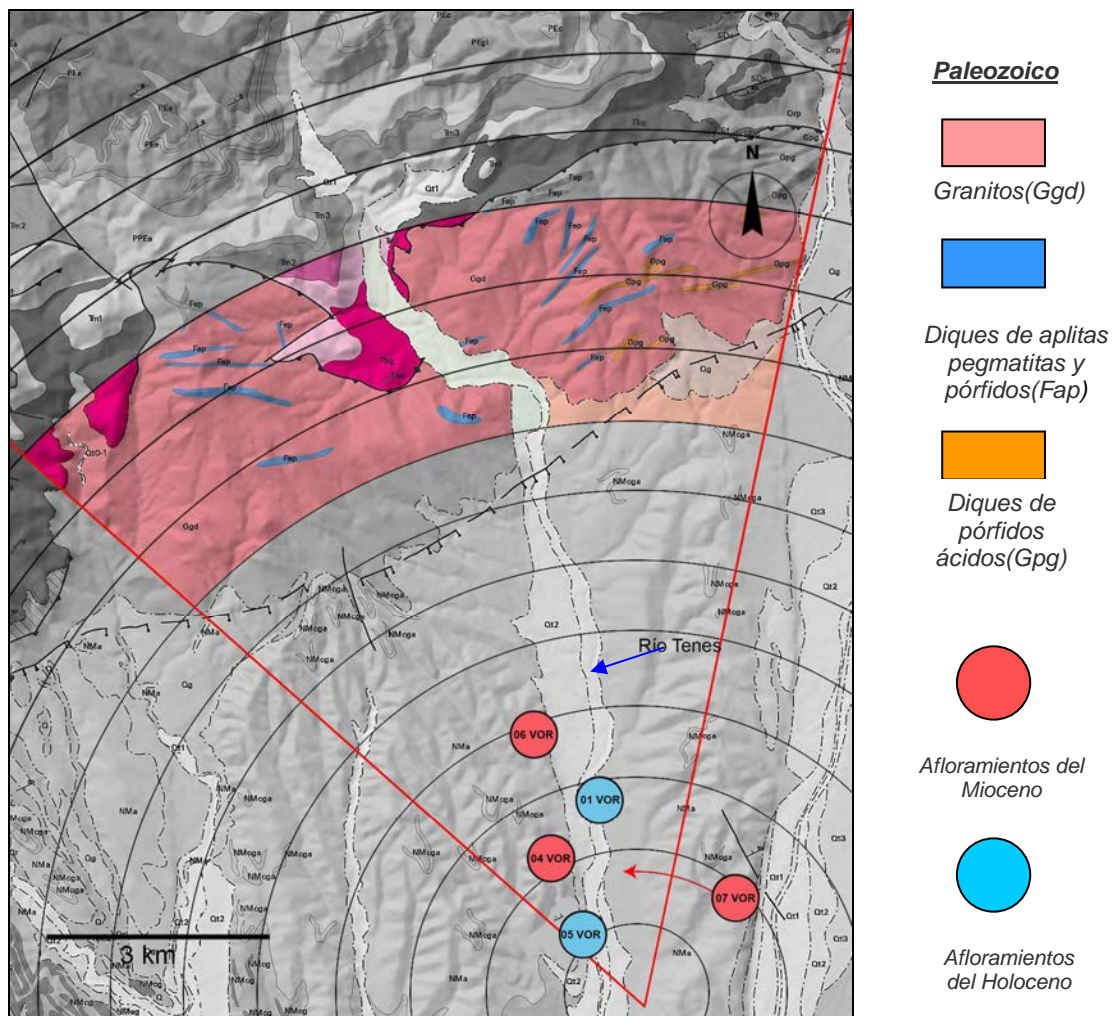


Fig.70: Esquema de situación de los materiales paleozoicos (granitos, diques de pegmatitas y pórfidos) que se consideran como áreas fuente.

Se incorporan las *tablas (31 a 34)* en donde se comparan las litologías de los cinco afloramientos del Grupo 2, con las que conforman los relieves actuales (relacionadas en la cartografía geológica del ICC/IGME-2006), para poner de manifiesto las coincidencias que posibilitan su determinación como áreas fuente, y también justificar los minerales pesados que se han identificado como derivados de aquellas litologías.

Tabla 31: Litología de los relieves que conforman la Cordillera Prelitoral (zona oeste del Vallès Oriental) y el Eoceno de la Depresión Central Catalana

| Relieves que conforman las posibles áreas fuente (*) | | | Rocas |
|--|---------------|--|-------------------|
| Edad | Símbolos | Litología | |
| Carbonífero-Pérmico | Ggd | Granodioritas y granitos alcalinos | GRANITOS |
| Carbonífero-Pérmico | Fap | Diques de apfitas, pegmatitas y pórfidos | PEGMATITAS |
| Carbonífero-Pérmico | Gpg | Diques de pórfidos ácidos | PÓRFIDOS |
| Triásico inferior | Tbg | Alternancia de areniscas y arcillas | ARENISCAS |
| Triásico medio-superior | Tm2-Tm3 | Calcáreas micríticas y dolomias | CALCÁREAS |
| Paleoceno - Eoceno inf. | PPEa | Arcillas y areniscas | ARENISCAS |
| Eoceno | Pe/a/eg/gl/cg | Arcillas, areniscas, calcáreas y conglomerados | ARENISCA/CALCÁREA |

(*) ICC/IGME (2006) - Leyenda del mapa geológico 1:50.000

Tabla 32: Litologías obtenidas en cada uno de los afloramientos del Grupo 4

| Litología de los aluviones % | | 04VOR | 06VOR | 07VOR | 01VOR | 05VOR |
|---|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Gravas > 3.72 mm en muestra | Metamórficas | | | | | |
| | Granitos | 20 | 35 | 26 | 18 | 26 |
| | Pórfidos/Aplitas | 24 | 30 | 33 | 7 | 8 |
| | Calcáreas | 8 | | 10 | 11 | 24 |
| | Cuarzo | 2 | 10 | 7 | 10 | 8 |
| | Areniscas | | | | 18 | |
| | Areniscas rojas | | | | 1 | 8 |
| | Liditas/Chert | | | 5 | 6 | 4 |
| | Microconglom. | | | | 19 | 12 |
| | Cuarcitas | 4 | 20 | | 10 | 10 |
| | Travert/Alterad | 42 | | 19 | | |
| | TOTAL % | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Gravas < 3.72 mm no en fracc. anterior | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | TOTAL % | | | | | |
| Partículas de oro | | 9 | 4 | 1 | no | 2 |



Mioceno



Holoceno

Conclusiones: A excepción de las cuarcitas, no hay presencia de otras rocas metamórficas en los sedimentos tanto del Mioceno como del Holoceno más reciente. Las litologías predominantes son: Granitos, pórfidos y apfitas (procedentes de las intrusiones del Carbonífero/Pérmico) y las areniscas, calcáreas, grauvacas, microconglomerados y travertinos (procedentes del Triásico de la Cordillera Prelitoral y del Paleoceno/Eoceno de la Depresión Central Catalana).

Tabla 33: Minerales pesados que pueden derivarse de cada grupo de las litologías

| METAMÓRFICAS | | GRANITOS | | ARENISCAS | CALCÁREAS |
|--------------|--------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Anatasa | Fluorapatito | Anatasa | Magnetita | Baritina | Baritina |
| Andalucita | Goethita | Andalucita | Piritas ox. | Ch.apatito | Piritas ox. |
| Almandino | Grossularia | Ch.apatito | Rutilo | Circón | |
| Ch.apatito | Hematites | Circón | Titanita | Goyazita | |
| Circón | Hornblenda | Clinocloro | Turmalina | Florencita | |
| Clinocloro | Ilmenita | Cordierita | | Magnetita | |
| Cordierita | Magnetita | Corindón | | Óxidos fe. | |
| Corindón | Monacita | Diópsido | | | |
| Diópsido | Piritas ox. | Epidota | | | |
| Epidota | Rutilo | Hematites | | | |
| Espessartita | Titanita | Hornblenda | | | |
| Estaurolita | Turmalina | Ilmenita | | | |

Tabla 34: Justificación de la procedencia de los minerales pesados de los afloramientos del Grupo 4

| | | Minerales pesados identificados en los afloramientos del Grupo 4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|---|--------------|------------|---------|--------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|-----------|------------|--------|----------|----------|----------|--------|-----------|------------|------------|
| | | X | X | X | X | X | X | X | - | - | - | - | X | X | X | X | X | - | X | X | X | - | X |
| Litología de los aluviones | | C.H. Apatito | Fluorapatito | Andalucita | Anatasa | Circón | Epidota 1 | Epidota 2 | Estaurolita | Granate Al | Granate Esp | Granate Gr | Magnetita | Óxidos Fe | Pirita ox. | Rutilo | Alunitas | Monacita | Ilmenita | Barita | Turmalina | Pirolusita | Clinocloro |
| Gravas > 3.72 mm en muestra | Metamórficas | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Granitos | X | X | X | X | X | X | X | | | | | X | X | X | X | | | | X | | X | X |
| | Pórfidos/Aplitas | X | X | X | X | X | X | X | | | | | X | X | X | X | | | | X | | X | X |
| | Calcáreas | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | X | | |
| | Cuarzo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Areniscas | X | X | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Areniscas rojas | X | X | | | X | | | | | | | X | X | | | | X | | | X | | |
| | Travert/Alterad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Liditas/Chert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gravas < 3.72 mm no en fracc. anterior | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | NINGUNO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Conclusiones:

- Los relieves preexistentes que dieron lugar a los sedimentos miocénicos tuvieron que ser como los actuales, dado que con estos podemos justificar la presencia de todos lo minerales pesados que contienen aquellos.

- Queda por justificar si el oro se formó en zonas de enriquecimiento supergénico (gossans) de los pequeños yacimientos filonianos existentes, o si también procede en parte de los filones de cuarzo que se encuentran asociados a los materiales graníticos.

Afloramiento JE-004-BLL (Mioceno)

Mas Valls: BV-1202 (carretera de Ullastrell a Sta. Maria de Vilalba Km. 6,6)

Situación dentro del *horts*: distal de la falla septentrional.

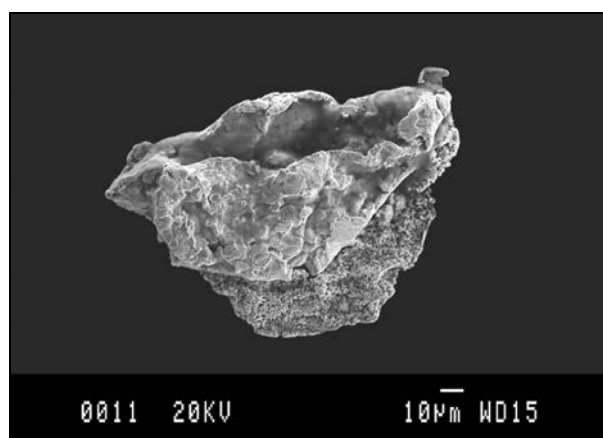
UTMX: 411881 - UTMY: 4596334N

Concentración: Selectiva

Partículas de oro obtenidas: 5

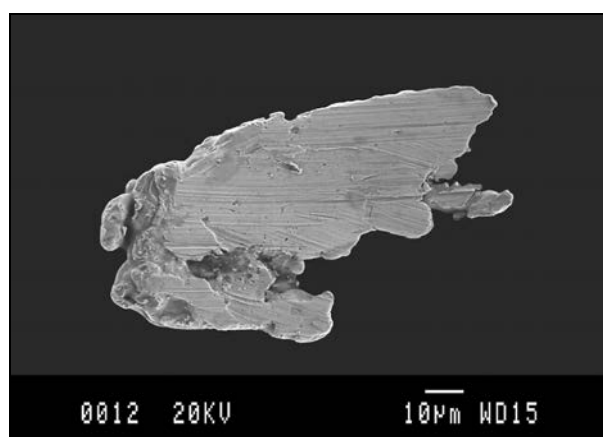
Peso estimado: 1,13 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-004-BLL (descripción morfológica y parámetros)



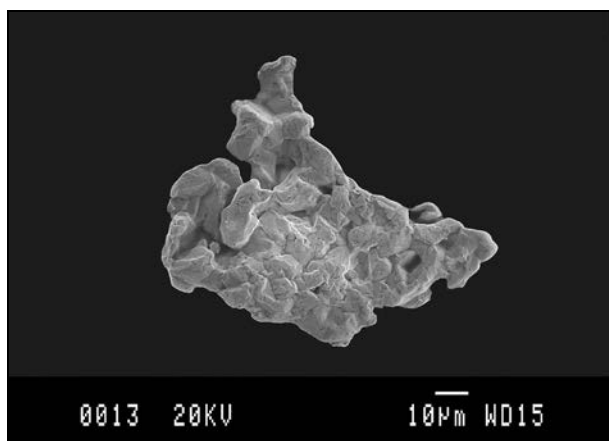
| Partícula: 04BLL-01 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 149,097 µm |
| Anchura (B+) | 102,730 µm |
| Grosor (C+) | 22 µm |
| Superficie | 10583,998 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 80,7507 µm |
| Peso estimado | 0,004 mg |
| SFC | 0,1293 |
| IA | 7,87 |
| Morfología | plana/plegada |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana-plegada e irregular con bordes subredondeados y subangulosos. Presenta superficies policristalinas con algunas cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Es una partícula retorcida donde es muy estimativa la medición del eje C.



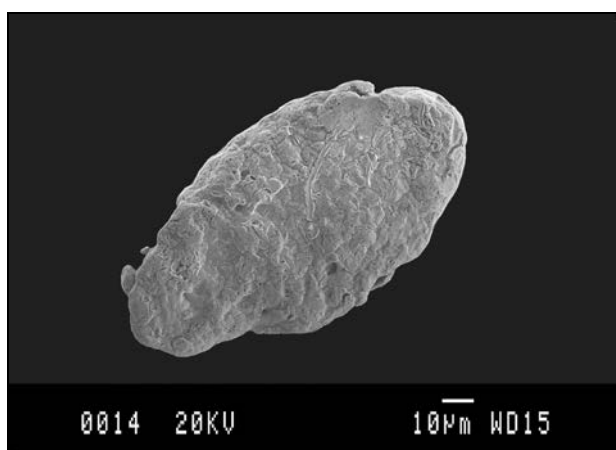
| Partícula: 04BLL-02 | |
|---------------------------|-------------------------|
| Longitud (A+) | 107,212 µm |
| Anchura (B+) | 57,566 µm |
| Grosor (C+) | 16 µm |
| Superficie | 3979,19 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 56,1264 µm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,1909 |
| IA | 5,49 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes de subredondeados a subangulosos. Abundantes huellas unidireccionales de fricción. Algunas cavidades en la parte inferior con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Restos de ganchos (*hookets*) bastante redondeados.



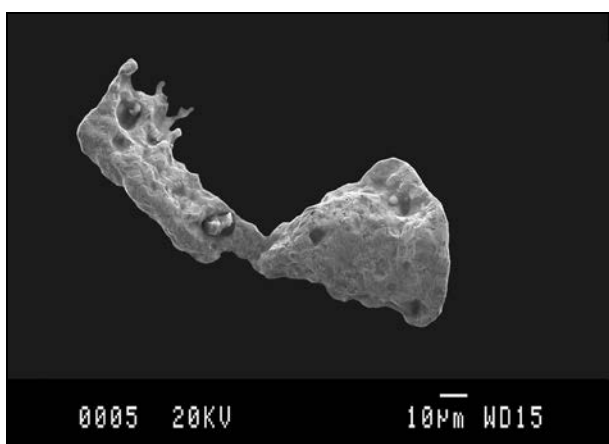
| Partícula: 04BLL-03 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 99,825 µm |
| Anchura (B+) | 86,848 µm |
| Grosor (C+) | 12 µm |
| Superficie | 4081,829 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 56,6845 µm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,1718 |
| IA | 5,83 |
| Morfología | Agregado de cristales |
| Situación área fuente | distal + |

Agregado flotante de cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Bordes ligeramente redondeados pero bien conservados. Espacios vacíos correspondientes a la roca o mineral matriz.



| Partícula: 04BLL-04 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 121,893 µm |
| Anchura (B+) | 65,124 µm |
| Grosor (C+) | 16 µm |
| Superficie | 6045,604 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 59,6508 µm |
| Peso estimado | 0,002 mg |
| SFC | 0,1796 |
| IA | 5,84 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes redondeados. Superficie policristalina con alguna huella de arrastre. Espacios vacíos correspondientes a otros minerales. Restos de ganchos (*hookets*) muy redondeados en los bordes.

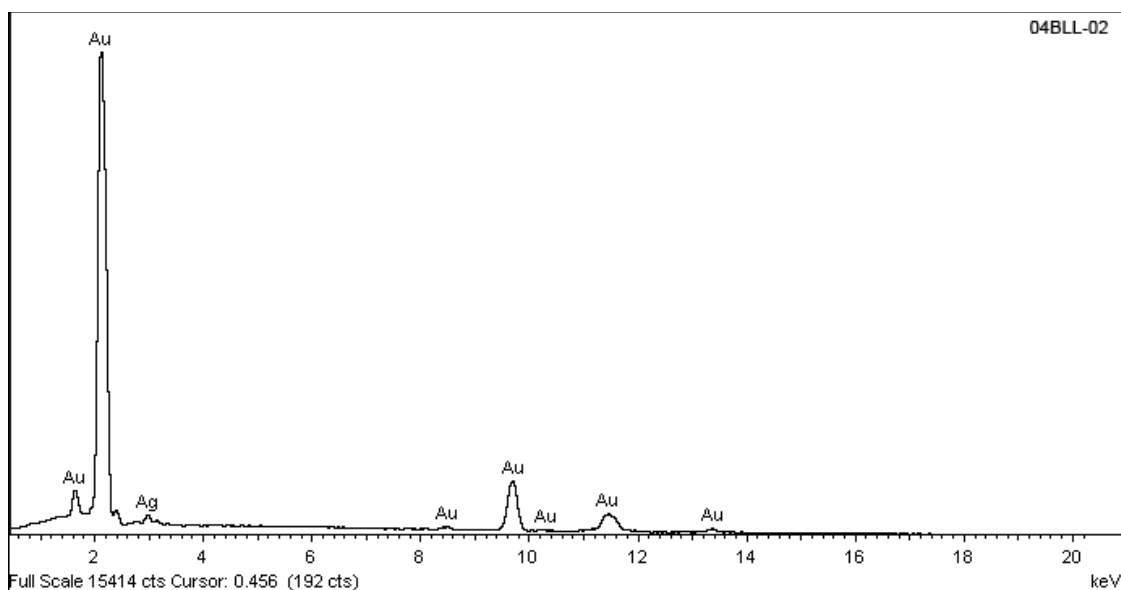


| Partícula: 04BLL-05 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 113,902 µm |
| Anchura (B+) | 68,681 µm |
| Grosor (C+) | 22 µm |
| Superficie | 7065,894 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 66,8548 µm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0,1662 |
| IA | 7,04 |
| Morfología | Arriñonada deforme |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología arriñonada y deforme en general. Bordes subredondeados. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. En la parte superior izquierda restos de ganchos medianamente desgastados. Partícula donde es muy estimativa la valoración del eje C.

Composición química de las partículas obtenida por EDS y peso específico final

| Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| 04BLL-01 | 98,60 | 1,40 | | | 19,18 |
| 04BLL-02 | 86,40 | 13,60 | | | 18,10 |
| 04BLL-03 | 99,24 | 0,76 | | | 19,23 |
| 04BLL-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 04BLL-05 | 100,00 | | | | 19,30 |



Espectro EDS correspondiente a la composición química de la partícula 04BLL-02

Se representa el diagrama de Zingg-Krumbein para determinar a que dominio morfológico pertenece cada partícula (Tabla 35) y (Fig.72).

Tabla 35: Dimensiones de los ejes utilizadas para representar el diagrama de Zingg-Krumbein considerando el eje C en su valor máximo.

| Partícula | Eje A+ (µm) | Eje B+ (µm) | Eje C+ (µm) | B+ / A+ | C+ / B+ |
|-----------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| 04BLL-01 | 149,097 | 102,730 | 22 | 0,69 | 0,21 |
| 04BLL-02 | 107,212 | 57,566 | 16 | 0,54 | 0,28 |
| 04BLL-03 | 99,825 | 86,848 | 12 | 0,87 | 0,14 |
| 04BLL-04 | 121,893 | 65,124 | 16 | 0,53 | 0,25 |
| 04BLL-05 | 170,997 | 54,170 | 22 | 0,32 | 0,41 |

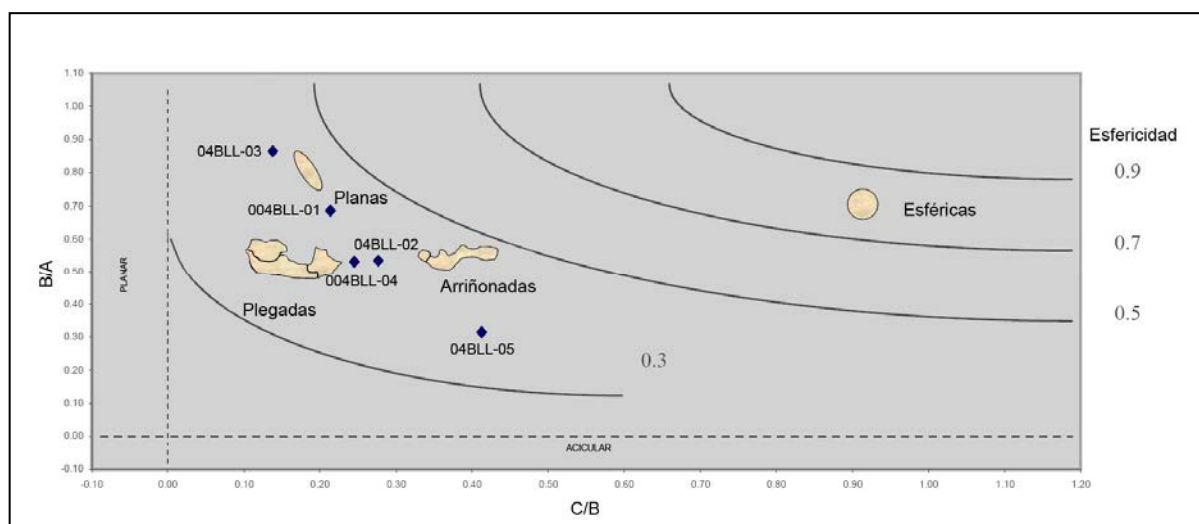


Fig.72: Diagrama de Zingg-Krumbein (modificado Viladevall, 1991). Siendo A el diámetro mayor, B el diámetro mayor perpendicular al A y C el grosor de la partícula. En ordenadas a la derecha los valores de esfericidad de Krumbein

Se observa en el diagrama que estas partículas se sitúan mayoritariamente en sector correspondiente a las morfologías planas y plegadas. A excepción de la 04BLL-03 y 04BLL-05.

Muy interesante morfológicamente el agregado flotante de cristales subhédricos de la 04BLL-03

Abundantes cristales de formas hexaédricas dominantes en las cavidades.

Ganchos (*hookets*) más o menos desgastados en todas las muestras.

Todas estas características morfológicas, antes de calcular los parámetros morfométricos, apuntan a un área fuente cercana ($\leq 10\text{km}$) especialmente para la 04BLL-02, 03 y 04.

Cálculo y representación de los parámetros morfométricos

De acuerdo con lo expuestos en las consideraciones previas, se detallan las características morfológicas que se han tenido en cuenta para la elección del valor de **C** aplicable para cada partícula (Tabla 36) y se representan los valores de SFC e IA (Figs. 73 y 74).

| Valor aplicable - Ce | Partículas | Características morfológicas consideradas |
|-----------------------------|---------------|---|
| C máximo | 04BLL-03 y 04 | Plana y grupo que se considera plano |
| C máximo reducido | 04BLL-01 | Plana-plegada y muy irregular |
| C calculado | 04BLL-02 y 05 | Plana - Irregular compuesta |

Tabla 36: En números azules los valores escogidos. En las columnas **C selecc** (color verde), se relacionan los valores utilizados para la confección de los gráficos.

| Partícula | C+/Ce (μm) | C+ | C+ | C calc (μm) | C calc | C calc | C- (μm) | C- | C- | C selecc | C selecc |
|-----------|---------------------------------------|--------|------|-----------------------------|--------|--------|----------------------|--------|-------|----------|----------|
| | | SFC | IA | | SFC | IA | | SFC | IA | SFC | IA |
| 04BLL-01 | 22/16 | 0,1293 | 7,87 | 18 | 0,1454 | 7,00 | 16 | 0,1293 | 7,87 | 0,1293 | 7,87 |
| 04BLL-02 | 16 | 0,2037 | 5,15 | 15 | 0,1909 | 5,49 | 14 | 0,1782 | 5,88 | 0,1909 | 5,49 |
| 04BLL-03 | 16 | 0,1718 | 5,83 | 13 | 0,1396 | 7,18 | 10 | 0,1074 | 9,33 | 0,1718 | 5,83 |
| 04BLL-04 | 16 | 0,1796 | 5,84 | 14 | 0,1571 | 6,68 | 12 | 0,1347 | 7,79 | 0,1796 | 5,84 |
| 04BLL-05 | 22 | 0,2286 | 5,12 | 16 | 0,1662 | 7,04 | 10 | 0,1039 | 11,26 | 0,1662 | 7,04 |
| 04BLL | Promedio de los valores seleccionados | | | | | | | | | 0,1676 | 6,41 |

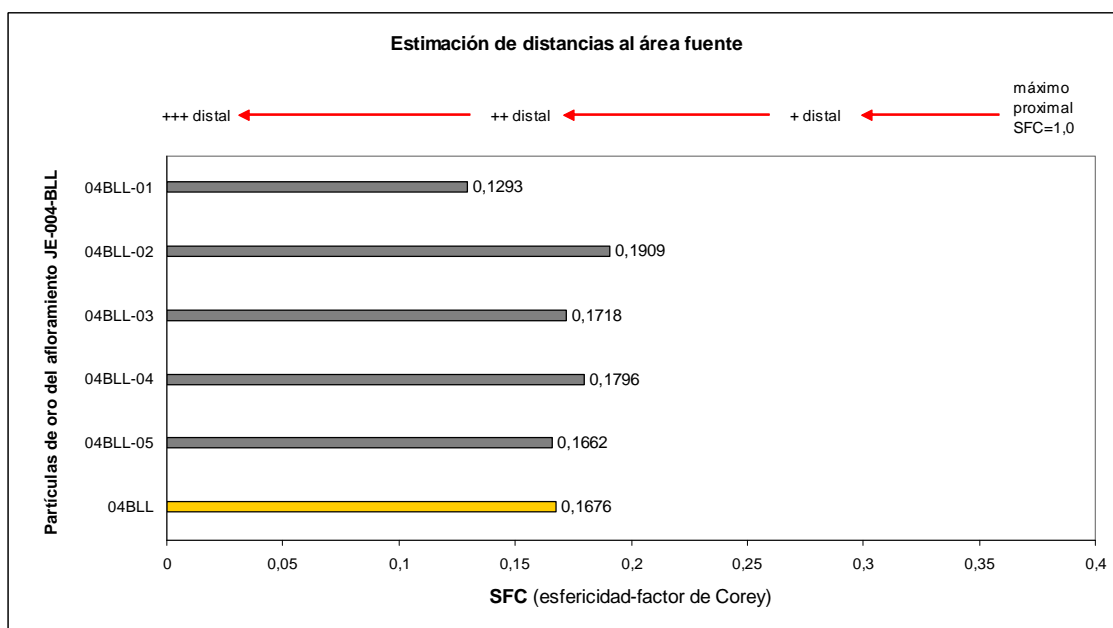


Fig.73: Representación de los valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas de 04BLL-01 a 04BLL-05. Las flechas indicadoras de las distancias son de carácter orientativo.

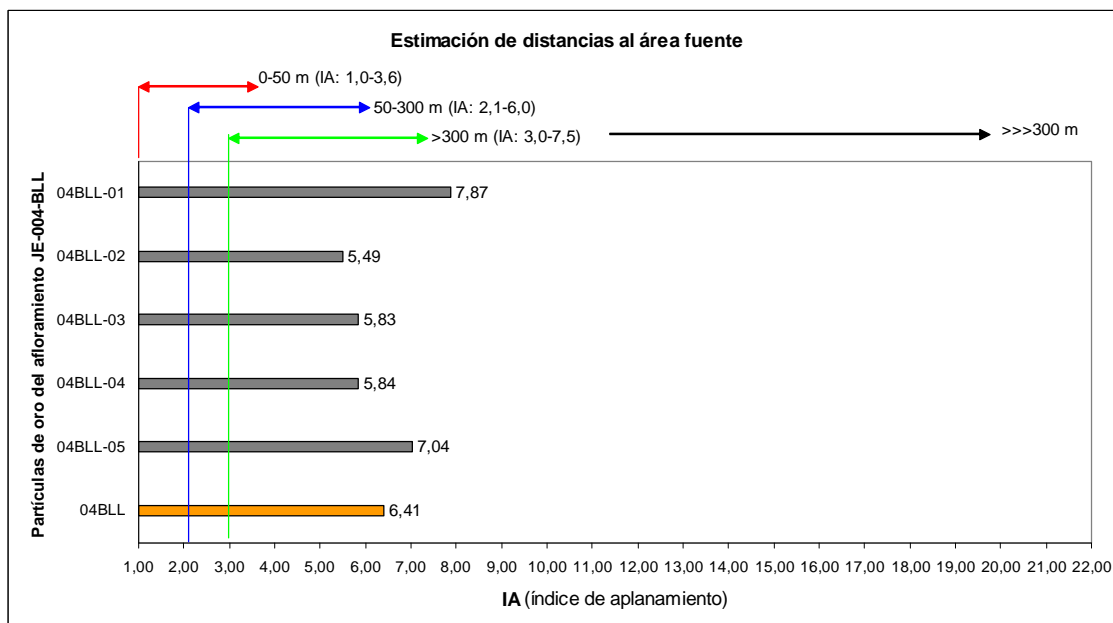


Fig.74: Representación de los valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas 04BLL-01 a 04BLL-05. Con carácter informativo y en flechas de color, las distancias propuestas por Townley et al.

Afloramiento JE-005-BLL (Holoceno)

Riera del Morral del Molí (Pla de Can Flavià)

Situación: Cauce fluvial de origen externo a la falla septentrional y toma de muestra en el Mioceno (GRPAMI).
Muestra tomada en el margen izquierdo de la Riera del Morral junto a su desembocadura en el Río Llobregat.

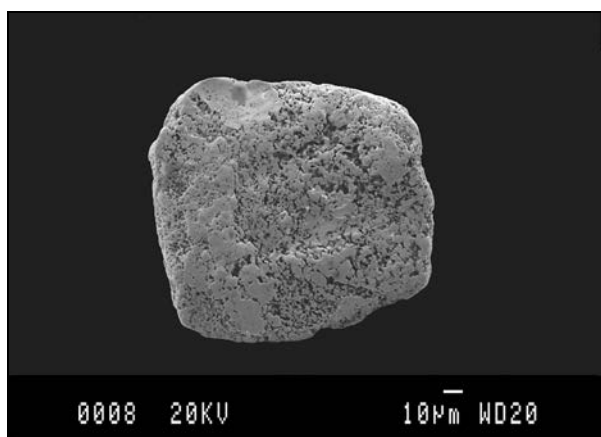
UTMX: 410459 - UTM Y: 4594454N

Concentración: Selectiva

Partículas de oro obtenidas: 5

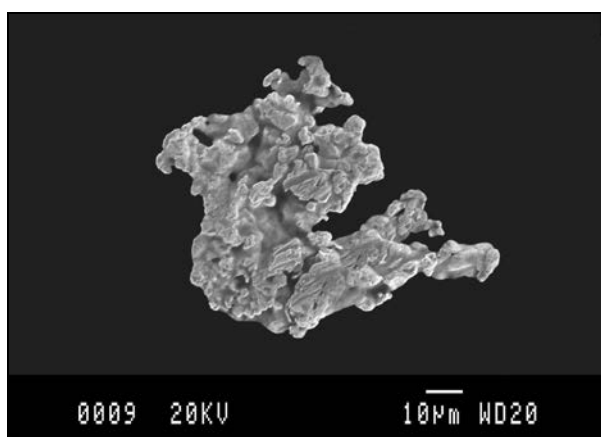
Peso estimado: 0,68 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-05-BLL (descripción morfológica y parámetros)



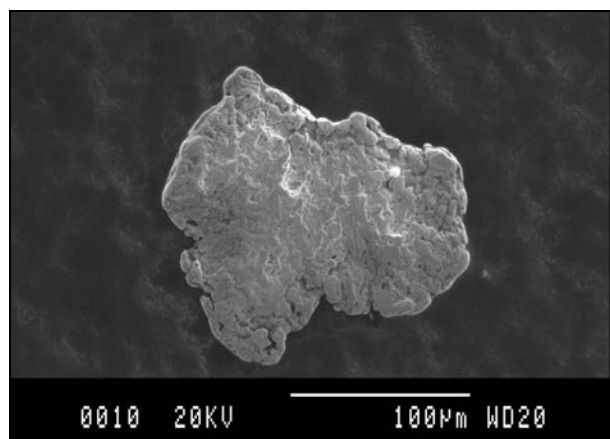
| Partícula: 05BLL-01 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 142,337 µm |
| Anchura (B+) | 122,274 µm |
| Grosor (C+) | 13 µm |
| Superficie | 14410,806 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 73,6113 µm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0,0910 |
| IA | 11,03 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana con bordes redondeados. Superficie policristalina ligeramente desgastada. En los huecos de las pequeñas cavidades se sitúan en su interior cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Marca de arrastre en la parte central. Marca de martilleo o apoyo en la parte superior izquierda.



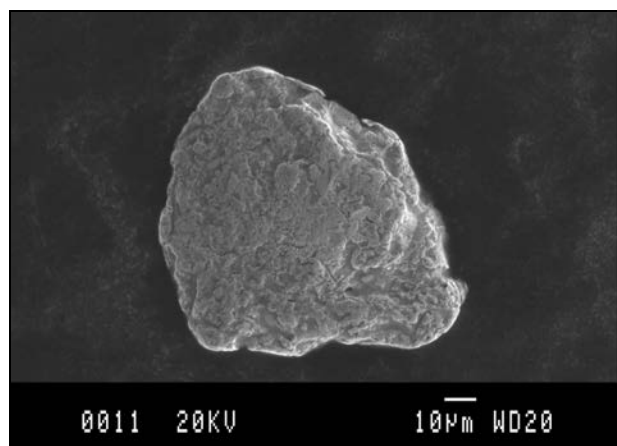
| Partícula: 05BLL-02 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 63,302 µm |
| Anchura (B+) | 59,789 µm |
| Grosor (C+) | 8 µm |
| Superficie | 3218,982 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 35,1342 µm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,1625 |
| IA | 6,15 |
| Morfología | Dendrítica-arborescente |
| Situación área fuente | distal + |

Agregado flotante de tipo dendrítico-arborescente formado por cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Abundantes ganchos (hookets) ligeramente desgastados. Algunas marcas de fricción. Las cavidades corresponden a los espacios que ocupaban la roca o mineral matriz.



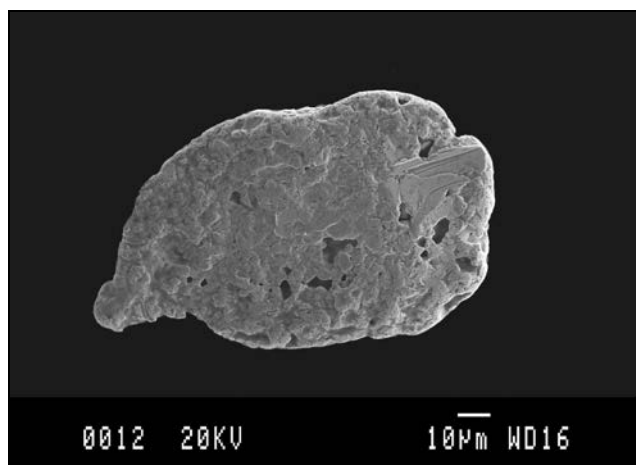
| Partícula: 05BLL-03 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 171,166 μm |
| Anchura (B+) | 150,662 μm |
| Grosor (C+) | 12 μm |
| Superficie | 17864,416 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 78,9721 μm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0,0623 |
| IA | 16,09 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes subredondeados. Superficie policristalina algo desgastada. Marcas de contacto con la matriz encajante. Restos de ganchos (hookets) plegados.



| Partícula: 05BLL-04 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 103,078 μm |
| Anchura (B+) | 80,442 μm |
| Grosor (C+) | 6 μm |
| Superficie | 5869,427 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 42,9411 μm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,0659 |
| IA | 15,29 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes subredondeados. Superficie policristalina algo desgastada.

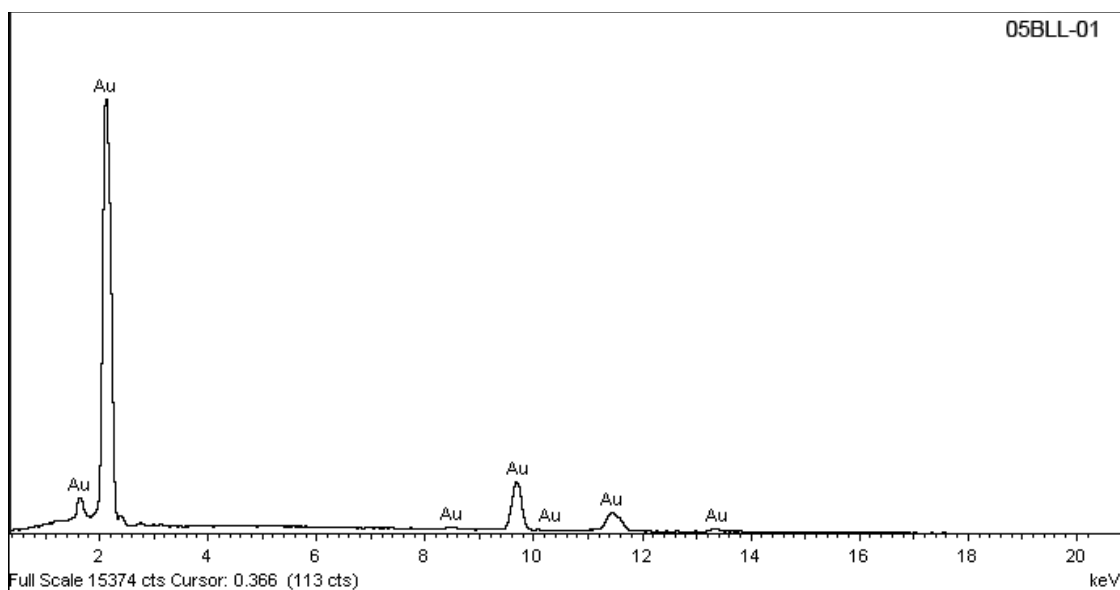


| Partícula: 05BLL-05 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 119,181 μm |
| Anchura (B+) | 68,986 μm |
| Grosor (C+) | 6 μm |
| Superficie | 6039,881 μm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 42,8199 μm |
| Peso estimado | 0,001 mg |
| SFC | 0,0662 |
| IA | 15,68 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal ++ |

Morfología plana. Bordes redondeados. Superficie policristalina algo desgastada. Marcas de arrastre en la parte media derecha. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Vacíos correspondientes a los espacios que ocupaban la roca o mineral matriz.

Composición química de las partículas obtenida por EDS y peso específico final

| Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| 05BLL-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 05BLL-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 05BLL-03 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 05BLL-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 05BLL-05 | 100,00 | | | | 19,30 |



Espectro EDS correspondiente a la composición química de la partícula 05BLL-01

Se representa el diagrama de Zingg-Krumbein para determinar a que dominio morfológico pertenece cada partícula (Tabla.37) y (Fig.75).

Tabla 37: Dimensiones de los ejes utilizadas para representar el diagrama de Zingg-Krumbein considerando el eje C en su valor máximo.

| Partícula | Eje A+ (µm) | Eje B+ (µm) | Eje C+ (µm) | B+ / A+ | C+ / B+ |
|-----------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| 05BLL-01 | 142,337 | 122,274 | 13 | 0,86 | 0,11 |
| 05BLL-02 | 63,302 | 59,789 | 8 | 0,94 | 0,13 |
| 05BLL-03 | 171,166 | 150,662 | 12 | 0,88 | 0,08 |
| 05BLL-04 | 103,078 | 80,442 | 6 | 0,78 | 0,07 |
| 05BLL-05 | 119,181 | 68,986 | 6 | 0,58 | 0,09 |

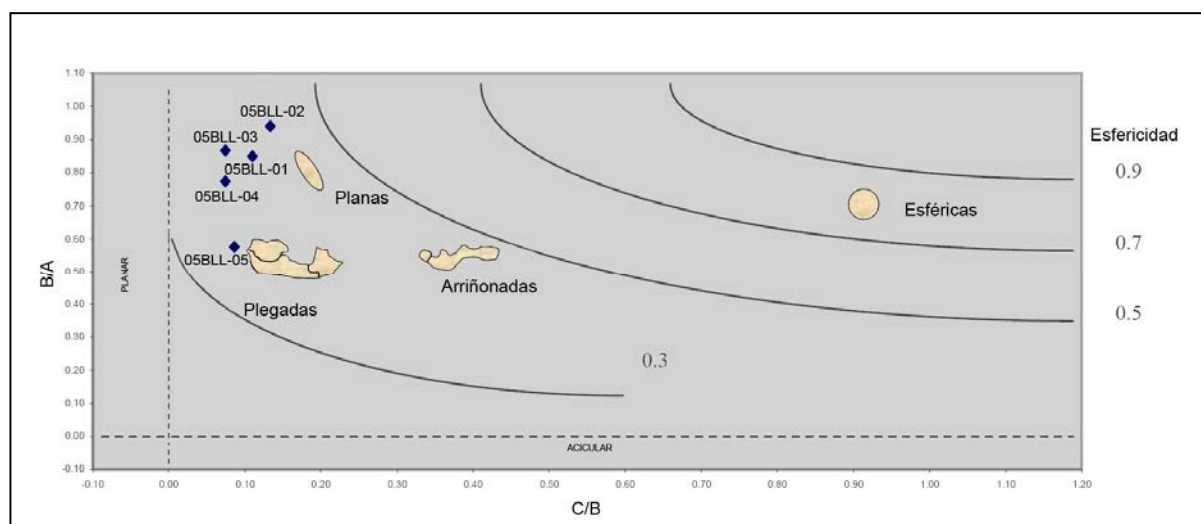


Fig.75: Diagrama de Zingg-Krumbein (modificado Viladevall, 1991). Siendo A el diámetro mayor, B el diámetro mayor perpendicular al A y C el grosor de la partícula. En ordenadas a la derecha los valores de esfericidad de Krumbein

Se observa en el diagrama que estas partículas se sitúan en sector correspondiente a las morfologías planas y plegadas. A excepción de la 05BLL-02 que corresponde a una agrupación de cristales en forma dendrítico-arborescente.

Interesante morfológicamente el grupo de cristales de la 05BLL-02

Abundantes cristales euhédricos en los espacios vacíos.

Ganchos (*hookets*) más o menos desgastados en todas las muestras.

Todas estas características morfológicas, antes de calcular los parámetros morfométricos, apuntan a un área fuente cercana (≤ 10 km) especialmente para la 04BLL-02 y mucho más distal para el resto.

Cálculo y representación de los parámetros morfométricos

De acuerdo con lo expuestos en las consideraciones previas, se detallan las características morfológicas que se han tenido en cuenta para la elección del valor de **C** aplicable para cada partícula (Tabla 38) y se representan los valores de SFC e IA (Figs. 76 y 77).

| Valor aplicable - Ce | Partículas | Características morfológicas consideradas |
|-----------------------------|---------------|---|
| C máximo | 05BLL-04 y 05 | Planas |
| C máximo reducido | 05BLL-02 | Dendrítico-Arborescente |
| C calculado | 05BLL-01 y 03 | Plana con alguna irregularidad |

Tabla 38: En números azules los valores escogidos. En las columnas **C selecc** (color verde), se relacionan los valores utilizados para la confección de los gráficos.

| Partícula | C+/Ce (μ m) | C+ | | C calc (μ m) | C calc | | C- (μ m) | C- | | C selecc | |
|-----------|---------------------------------------|--------|-------|----------------------|--------|-------|---------------|--------|-------|----------|-------|
| | | SFC | IA | | SFC | IA | | SFC | IA | | |
| 05BLL-01 | 13 | 0,0985 | 10,18 | 12 | 0,0910 | 11,03 | 11 | 0,0834 | 12,03 | 0,0910 | 11,03 |
| 05BLL-02 | 8/10 | 0,1625 | 6,15 | 6 | 0,0975 | 10,26 | 4 | 0,0650 | 15,39 | 0,1625 | 6,15 |
| 05BLL-03 | 12 | 0,0747 | 13,41 | 10 | 0,0623 | 16,09 | 8 | 0,0498 | 20,11 | 0,0623 | 16,09 |
| 05BLL-04 | 6 | 0,0659 | 15,29 | 5 | 0,0549 | 18,35 | 4 | 0,0439 | 22,94 | 0,0659 | 15,29 |
| 05BLL-05 | 6 | 0,0662 | 15,68 | 5 | 0,0551 | 18,82 | 4 | 0,0441 | 23,52 | 0,0662 | 15,68 |
| 05BLL | Promedio de los valores seleccionados | | | | | | | | | 0,0896 | 12,85 |

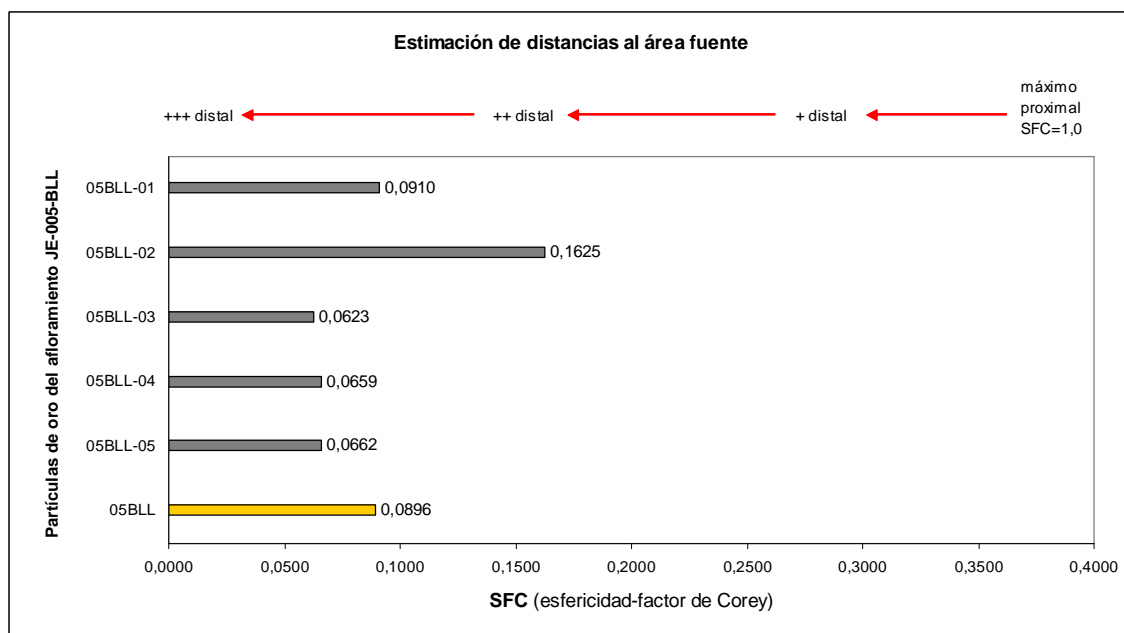


Fig.76: Representación de los valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas de 05BLL-01 a 05BLL-05. Las flechas indicadoras de las distancias son de carácter orientativo.

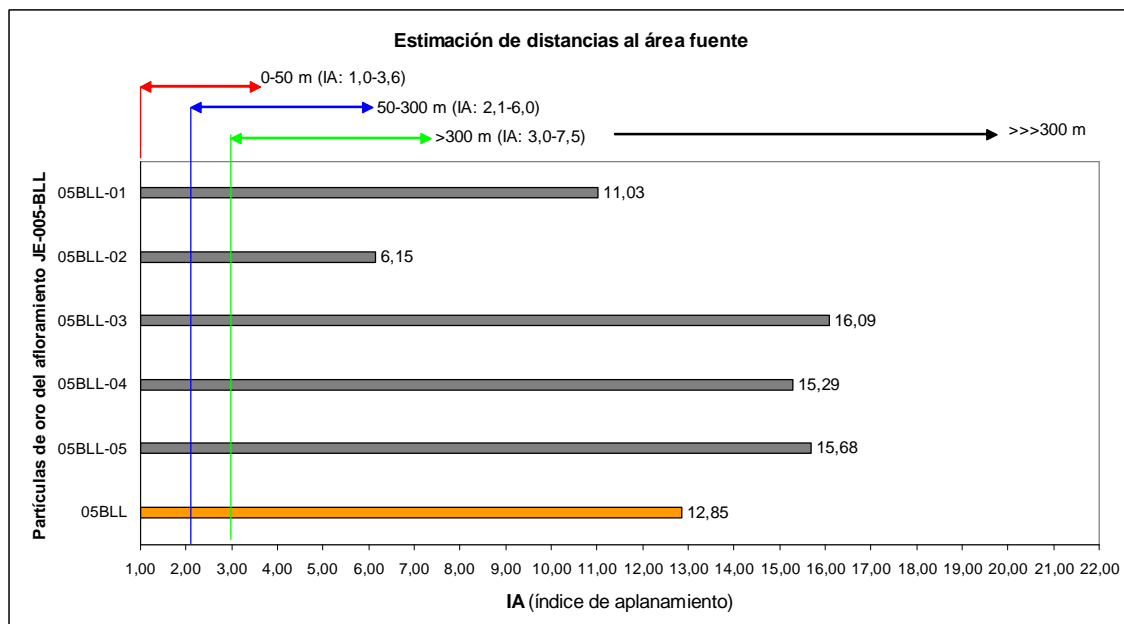


Fig.77: Representación de los valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas 05BLL-01 a 05BLL-05. Con carácter informativo y en flechas de color, las distancias propuestas por Townley et al.

Hipótesis de situación de las áreas fuente

Con los valores obtenidos de los parámetros morfométricos de las partículas de oro de estos cinco afloramientos y teniendo en cuenta que los materiales más próximos una vez superada la falla septentrional corresponden a los materiales del Paleozoico (Ordovícico), los del Triásico y los del Eoceno sin presencia actual cartografiada de pórfidos y granitoides (aunque estos aparecen en las gravas de los afloramientos) y teniendo en cuenta la abundancia de cuarzo, sería lógico asociar las partículas de oro del Mioceno a los materiales paleozoicos con sus abundantes filones de cuarzo, situados al N de dichos afloramientos, que se encuentran a una distancia en línea recta inferior a los 10km (Fig.78). Las partículas del Holoceno cuyos parámetros morfométricos nos indican distancias al área fuente muy superiores, teniendo en cuenta que las muestras se han recogido en la desembocadura de la Riera del Morral junto al Río Llobregat, podrían haber sido aportadas por este durante los períodos de crecida de caudal.

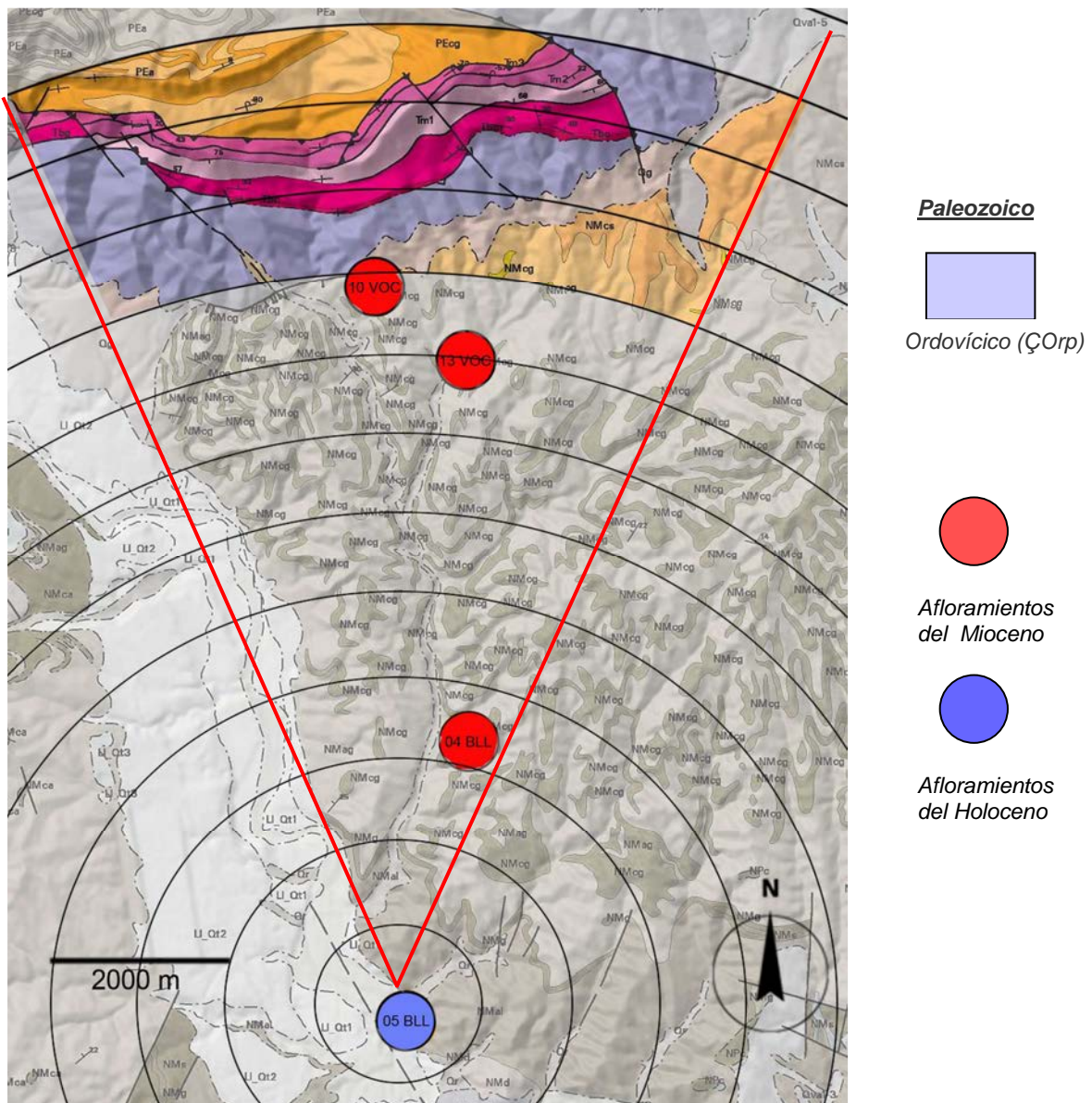


Fig.78: Esquema de situación de los materiales paleozoicos (pizarras micacíticas y pizarras arenosas), que se consideran como áreas fuente

Se incorporan las *tablas* (39 a 42) en donde se comparan las litologías de los cinco afloramientos del Grupo 2, con las que conforman los relieves actuales (relacionadas en la cartografía geológica del ICC/IGME-2006), para poner de manifiesto las coincidencias que posibilitan su determinación como áreas fuente, y también justificar los minerales pesados que se han identificado como derivados de aquellas litologías.

Tabla 39: Litología de los relieves que conforman la Cordillera Prelitoral (zona oeste del Vallès Occidental) y el Eoceno de la Depresión Central Catalana

| Relieves que conforman las posibles áreas fuente (*) | | | Rocas |
|--|----------|--|---------------|
| Edad | Símbolos | Litología | |
| Ordovícico | ÇOrp | Pizarras micacíticas y Pizarras arenosas | METAMÓRFICAS |
| Triásico inferior | Tbg | Alternancia de areniscas y arcillas | ARENISCAS |
| Triásico medio-superior | Tm2-Tm3 | Calcáreas micríticas y dolomias | CALCÁREAS |
| Eoceno . | PEa | Arcillas, areniscas y limolitas | ARENISCAS |
| Eoceno | PEcg | Conglomerados heterométricos | CONGLOMERADOS |

(*) ICC/IGME (2006) - Leyenda del mapa geológico 1:50.000

Tabla 40: Litologías obtenidas en cada uno de los afloramientos del Grupo 2

| Litología de los aluviones % | | 04BLL | 10VOC | 13VOC | 05BLL |
|---|------------------|-------|-------|-------|-------|
| Gravas > 3.72 mm en muestra | Metamórficas | 43 | 73 | 12 | 36 |
| | Granitos | | | | |
| | Pórfidos/Aplitas | 8 | 3 | | 7 |
| | Calcáreas | 12 | | 27 | 17 |
| | Cuarzo | 17 | 19 | 4 | 27 |
| | Areniscas | | | | 9 |
| | Areniscas rojas | 6 | 5 | | |
| | Liditas/Chert | 6 | | 1 | 4 |
| | Microconglom. | 8 | | | |
| | Cuarcitas | | | | |
| | Travertinos | | | 56 | |
| | TOTAL % | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Gravas < 3.72 mm no en fracc. anterior | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | TOTAL % | | | | |
| Partículas de oro | | 9 | 4 | 1 | no |



Mioceno



Holoceno

Conclusiones:

Las rocas metamórficas y el cuarzo (procedentes del Paleozoico de la *Cordillera Prelitoral*) y las calcáreas (procedentes del Eoceno de la *Depresión Central Catalana*), conforman mayoritariamente la litología de los afloramientos del Grupo 2.

Tabla 41: Minerales pesados que pueden derivarse de cada grupo de las litologías

| METAMÓRFICAS | | GRANITOS | | ARENISCAS | CALCÁREAS |
|--------------|--------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Anatasa | Fluorapatito | Anatasa | Magnetita | Baritina | Baritina |
| Andalucita | Goethita | Andalucita | Piratas ox. | Ch.apatito | Piratas ox. |
| Almandino | Grossularia | Ch.apatito | Rutilo | Circón | |
| Ch.apatito | Hematites | Circón | Titanita | Goyazita | |
| Circón | Hornblenda | Clinocloro | Turmalina | Florecita | |
| Clinocloro | Ilmenita | Cordierita | | Magnetita | |
| Cordierita | Magnetita | Corindón | | Óxidos fe. | |
| Corindón | Monacita | Diópsido | | | |
| Diópsido | Piratas ox. | Epidota | | | |
| Epidota | Rutilo | Hematites | | | |
| Espessartita | Titanita | Hornblenda | | | |
| Estaurolita | Turmalina | Ilmenita | | | |

Tabla 42: Justificación de la procedencia de los minerales pesados de los afloramientos del Grupo 2

| | | Minerales pesados identificados en los afloramientos del Grupo 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|---|--------------|------------|---------|--------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|-----------|------------|--------|----------|----------|----------|--------|-----------|------------|------------|---|
| | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | - | X | X | X | - | X | | |
| Litología de los aluviones | | C.H. Apatito | Fluorapatito | Andalucita | Anatasa | Circón | Epidota 1 | Epidota 2 | Estaurolita | Granate Al | Granate Esp | Granate Gr | Magnetita | Óxidos Fe | Pirita ox. | Rutilo | Alunitas | Monacita | Ilmenita | Barita | Turmalina | Pirolusita | Clinocloro | |
| Gravas > 3.72 mm en muestra | Metamórficas | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | | | X | | X | X | X | |
| | Granitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Pórfidos/Aplitas | X | X | X | X | X | X | X | | | | | X | X | X | X | | | | X | | X | | X |
| | Calcáreas | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | X | | | |
| | Cuarzo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Areniscas | X | X | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Areniscas rojas | X | X | | | X | | | | | | | X | X | | | | X | | X | | | | |
| | Travert/Alterad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Liditas/Chert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gravas < 3.72 mm no en fracc. anterior | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | NINGUNO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Conclusiones:

- Los relieves preexistentes que dieron lugar a los sedimentos miocénicos tuvieron que ser como los actuales, dado que con estos podemos justificar la presencia de todos lo minerales pesados que contienen aquellos.

- Queda por justificar si el oro se formó en zonas de enriquecimiento supergénico (gossans) de yacimientos de cuya existencia no tenemos constancia, o bien están exclusivamente asociados a los filones de cuarzo que acompañan a los materiales paleozoicos.

Grupo 3 - Arenes

Se estudian y comparan en este grupo las muestras obtenidas a lo largo del recorrido de la Riera de les Arenes, tanto las recogidas en sus márgenes como las correspondientes al Mioceno más próximo, independientemente de que algunas de ellas no contengan partículas de oro (Fig.79).

El objetivo de este estudio es deducir el área fuente de la partícula del Mioceno obtenida en el afloramiento JE-006-VOC y compararla con las obtenidas en el afloramiento del Holoceno JE-007-VOC.

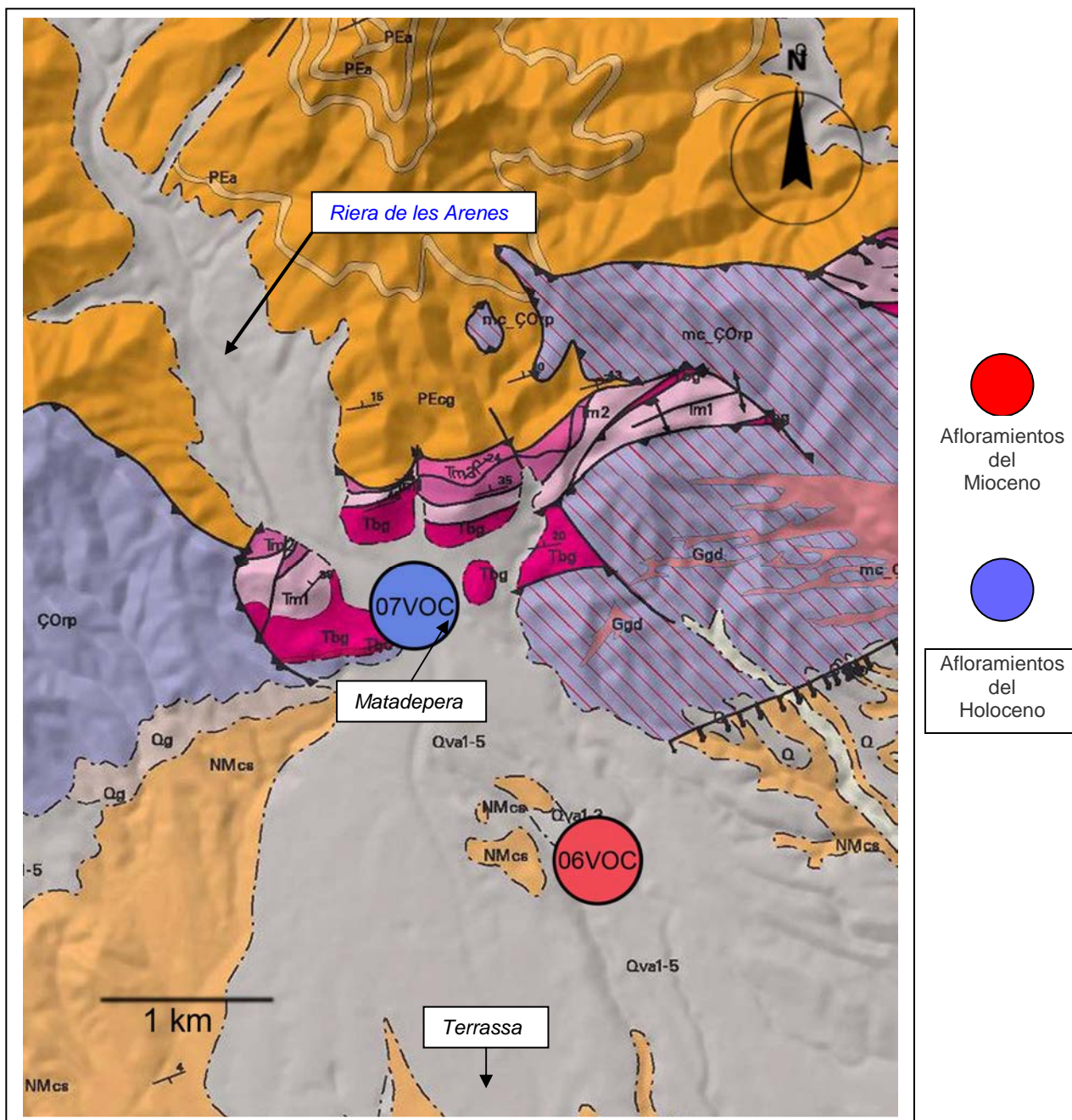


Fig.79: Mapa geológico con la situación de los afloramientos del Grupo 3 (Arenes) relacionados en la página 22. Cartografía original del ICC/IGME (1:50.000 - 2005). Leyendas consultables en el DVD adjunto a la tesis.

Afloramiento JE-006-VOC (Mioceno)

C-1415a (carretera de Matadepera a Terrassa - km 19)

Situación dentro del *horts*: proximal a la falla septentrional.

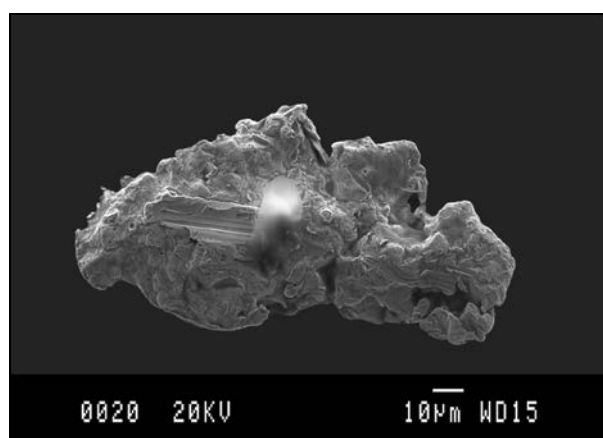
UTMX: 419986E - UTMY: 4604474N

Concentración: Selectiva

Partículas de oro obtenidas: 1

Peso estimado: 0,393 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-006-VOC (descripción morfológica y parámetros)



| Partícula: 06VOC-01 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 133,158 µm |
| Anchura (B+) | 69,298 µm |
| Grosor (C+) | 28 µm |
| Superficie | 6131,641 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 75,0643 µm |
| Peso estimado | 0,004 mg |
| SFC | 0,2498 |
| IA | 4,22 |
| Morfología | arriñonada |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología arriñonada e irregular con bordes subredondeados y subangulosos. Presenta una superficie policristalina con marcadas huellas de fricción y arrastre. Ganchos (hookets) manifiestos en la parte superior izquierda. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Crecimientos cristalinos estriados y paralelos en la parte inferior derecha. Partícula poco transportada.

Afloramiento JE-007-VOC (Holoceno)

Riera de les Arenes (Matadepera)

Situación dentro del *horts*: Cauce fluvial de origen externo a la falla septentrional y toma de muestra junto a la misma y antes del Mioceno (GRPA).

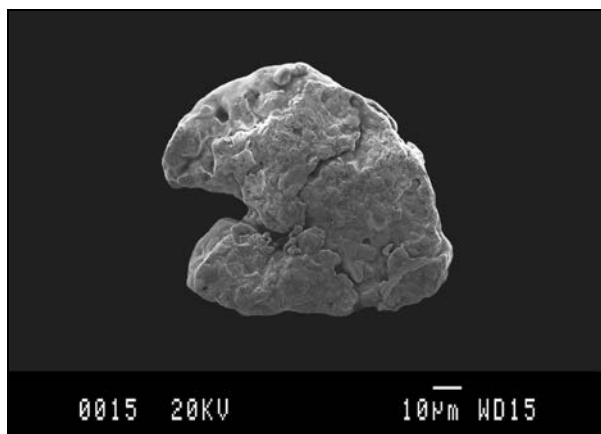
UTMX: 418607E - UTMY: 4606428N

Concentración: Selectiva

Partículas de oro obtenidas: 3

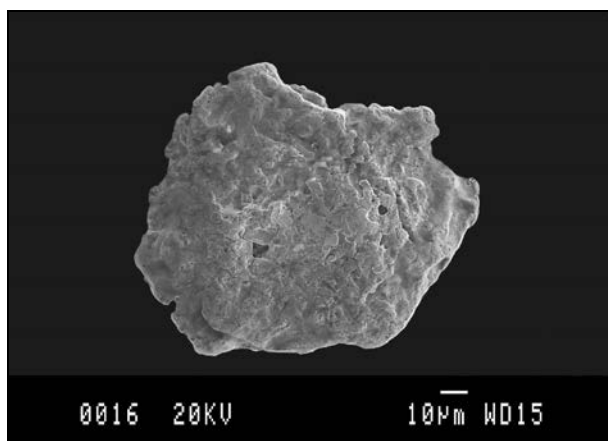
Peso estimado: 1,463 mg/Tm

Partículas de oro del afloramiento JE-007-VOC (descripción morfológica y parámetros)



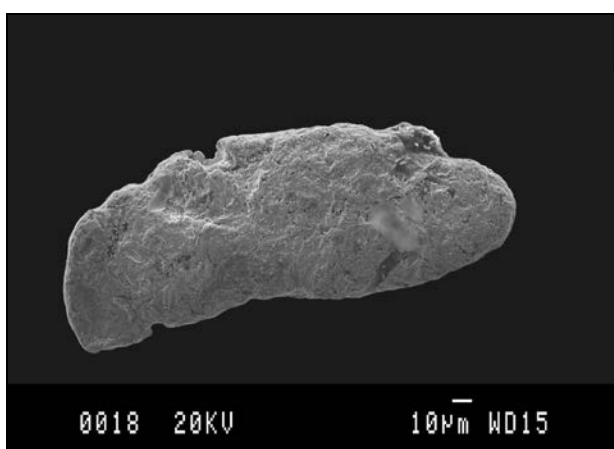
| Partícula:07VOC-01 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 103,691 µm |
| Anchura (B+) | 90,031 µm |
| Grosor (C+) | 24 µm |
| Superficie | 6011,457 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 69,7101 µm |
| Peso estimado | 0,002 mg |
| SFC | 0,2277 |
| IA | 4,40 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes redondeados a subredondeados. Superficie policristalina ligeramente desgastada. Huellas de vacío de otros minerales.



| Partícula: 07VOC-02 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 118,356 µm |
| Anchura (B+) | 110,595 µm |
| Grosor (C+) | 18 µm |
| Superficie | 8997,657 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 75,1839 µm |
| Peso estimado | 0,003 mg |
| SFC | 0,1486 |
| IA | 6,73 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes de subredondeados a subangulosos. Superficie policristalina ligeramente desgastada. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior.

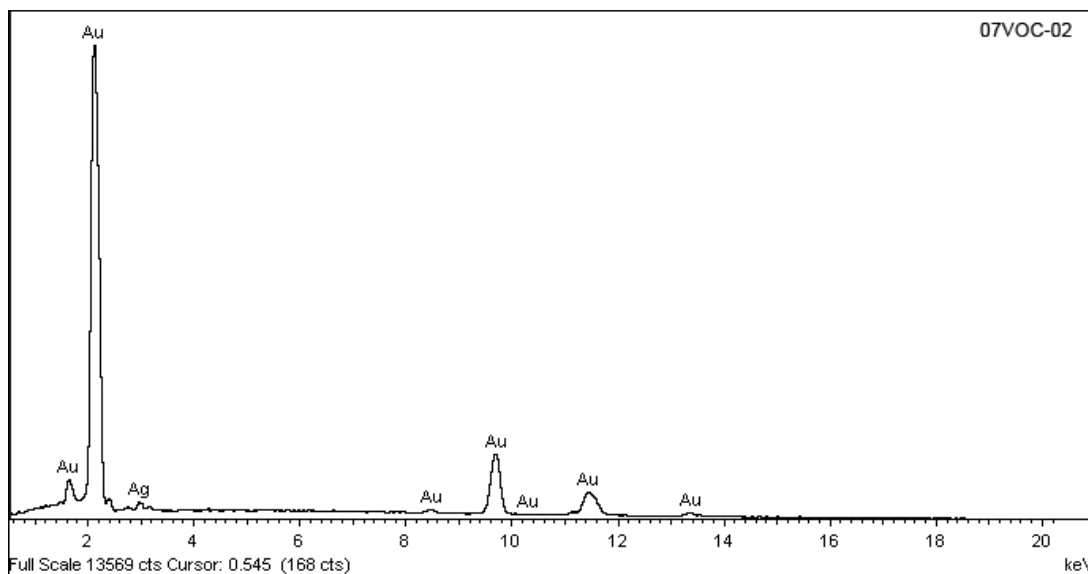


| Partícula: 07VOC-04 | |
|---------------------------|---------------------------|
| Longitud (A+) | 208,341 µm |
| Anchura (B+) | 82,606 µm |
| Grosor (C+) | 26 µm |
| Superficie | 13794,229 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 93,6646 µm |
| Peso estimado | 0,007 mg |
| SFC | 0,1906 |
| IA | 5,82 |
| Morfología | Arriñonada |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología arriñonada. Bordes redondeados a subredondeados. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Superficie desgastada. Pequeñas huellas de impactos.

Composición química de las partículas obtenida por EDS y peso específico

| Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| 06VOC-01 | 99,34 | 0,66 | | | 19,24 |
| 07VOC-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 07VOC-02 | 93,19 | 6,81 | | | 18,70 |
| 07VOC-04 | 100,00 | | | | 19,30 |



Espectro EDS correspondiente a la composición química de la partícula 07VOC-02

Se representa el diagrama de Zingg-Krumbein para determinar a que dominio morfológico pertenece cada partícula (Tabla 43) y (Fig.80).

Tabla 43: Dimensiones de los ejes utilizadas para representar el diagrama de Zingg-Krumbein considerando el eje C en su valor máximo.

| Partícula | Eje A+ (µm) | Eje B+ (µm) | Eje C+ (µm) | B+ / A+ | C+ / B+ |
|-----------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| 06VOC-01 | 133,158 | 69,298 | 28 | 0,52 | 0,40 |
| 07VOC-01 | 103,691 | 90,031 | 24 | 0,87 | 0,27 |
| 07VOC-02 | 118,356 | 110,595 | 18 | 0,93 | 0,16 |
| 07VOC-04 | 208,341 | 82,606 | 26 | 0,40 | 0,31 |

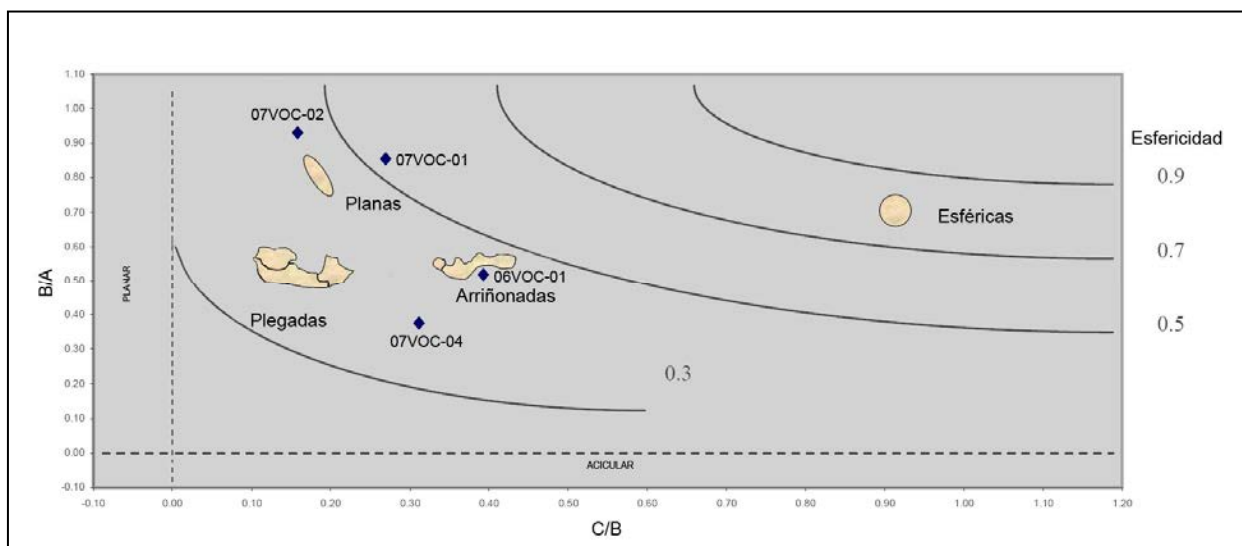


Fig.80: Diagrama de Zingg-Krumbein (modificado Viladevall, 1991). Siendo A el diámetro mayor, B el diámetro mayor perpendicular al A y C el grosor de la partícula. En ordenadas a la derecha los valores de esfericidad de Krumbein

Se observa en el diagrama que las partículas 07VOC-01 y 07VOC-02 se sitúan en sector correspondiente a las morfologías planas. Las partículas 06VOC-01 y 07VOC-04 son arriñonadas.

Todas presentan superficies policristalinas más o menos desarrolladas, excepto la 07VOC-04

Son abundantes los cristales de formas hexaédricas dominantes en las cavidades.

Ganchos (*hookets*) solo claramente presentes en la partícula 06VOC-01

Todas estas características morfológicas, antes de calcular los parámetros morfométricos, apuntan a un área fuente cercana (<10km).

Cálculo y representación de los parámetros morfométricos

De acuerdo con lo expuestos en las consideraciones previas, se detallan las características morfológicas que se han tenido en cuenta para la elección del valor de **C** aplicable para cada partícula (Tabla 44) y se representan los valores de SFC e IA (Figs. 81 y 82).

| Valor aplicable - Ce | Partículas | Características morfológicas consideradas |
|--------------------------|---------------|---|
| C máximo | 05BLL-04 y 05 | Planas |
| C máximo reducido | 05BLL-02 | Dendrítico-Arborescente |
| C calculado | 05BLL-01 y 03 | Plana con alguna irregularidad |

Tabla 44: En números azules los valores escogidos. En las columnas **C selecc** (color verde), se relacionan los valores utilizados para la confección de los gráficos.

| Partícula | C+/Ce (µm) | C+ | C+ | C calc (µm) | C calc | C calc | C- (µm) | C- | C- | C selecc SFC | C selecc IA |
|-----------|---------------------------------------|--------|------|-------------|--------|--------|---------|--------|------|--------------|-------------|
| | | SFC | IA | | SFC | IA | | SFC | IA | | |
| 06VOC-01 | 28 | 0,2915 | 3,62 | 24 | 0,2498 | 4,22 | 24 | 0,2498 | 4,22 | 0,2498 | 4,22 |
| 07VOC-01 | 24/22 | 0,2277 | 4,40 | 19 | 0,1966 | 5,10 | 14 | 0,1449 | 6,92 | 0,2277 | 4,40 |
| 07VOC-02 | 18 | 0,1573 | 6,36 | 12 | 0,1486 | 6,73 | 16 | 0,1398 | 7,15 | 0,1486 | 6,73 |
| 07VOC-04 | 26 | 0,1982 | 5,60 | 25 | 0,1906 | 5,82 | 24 | 0,1829 | 6,06 | 0,1906 | 5,82 |
| 06/07VOC | Promedio de los valores seleccionados | | | | | | | | | 0,2042 | 5,29 |

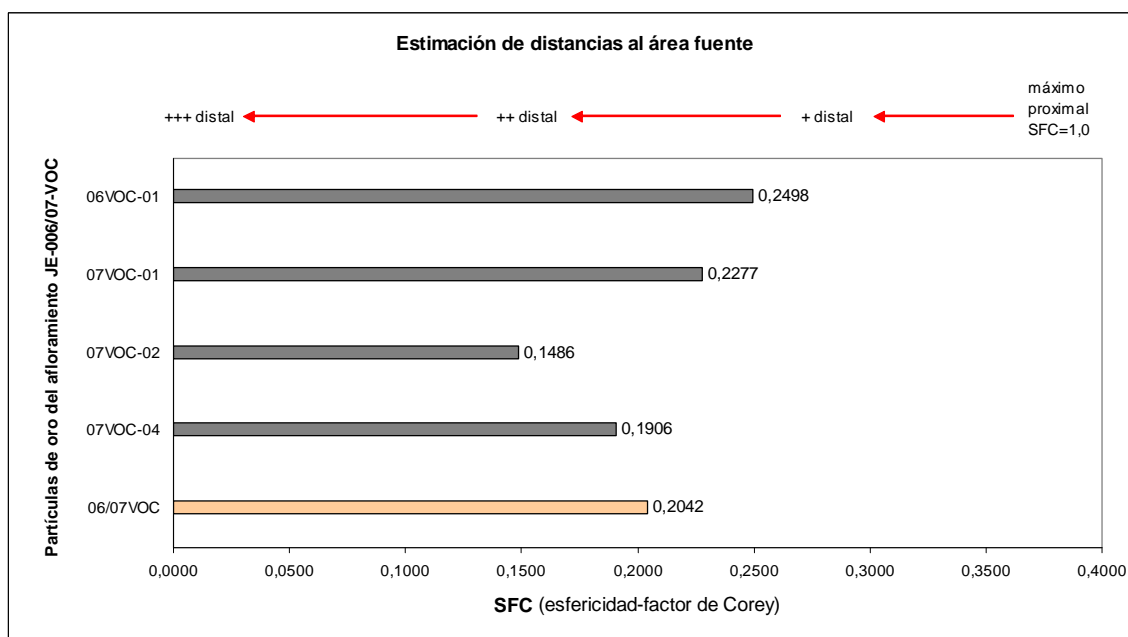


Fig.81: Representación de los valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas de 06VOC-01 y 07VOC-01/02/04. Las flechas indicadoras de las distancias son de carácter orientativo.

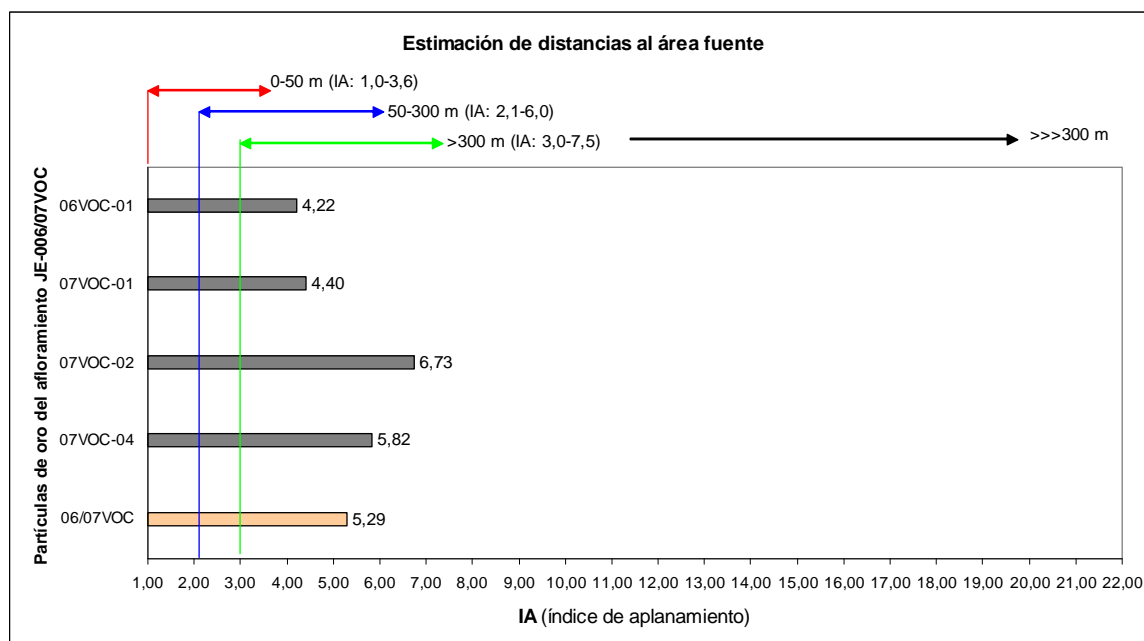


Fig.82: Representación de los valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas 09VOC-01 y 07VOC-01/02/04. Con carácter informativo y en flechas de color, las distancias propuestas por Townley

Hipótesis de situación de las áreas fuente

Con los valores que se han obtenido de los parámetros morfométricos de las partículas de oro de estos dos afloramientos y teniendo en cuenta que los materiales más próximos una vez superada la falla septentrional pertenecen al Paleozoico (Ordovícico), al Triásico y al Eoceno, con ausencia casi total de granitos (como se puede comprobar por su escasa presencia en las litologías obtenidas de cada uno), no teniendo constancia de la existencia de yacimientos importantes de otros minerales próximos a la zona(*), y estando manifiesta una relativa abundancia de cuarzo, lo más lógico es asociar la partícula de oro del Mioceno (06VOC-01) a los materiales paleozoicos que se hallan situados al NNE y al NNW a una distancia inferior a los 10km y especialmente a los filones de cuarzo que lo atraviesan (Fig.83). En cuanto a las partículas del Holoceno, la 07VOC-01 sería la más próxima a su área fuente, mientras que la 07VOC-02 y 07VOC-04 que presentan valores de distancia ligeramente superiores (aún estando a una menor distancia real), pueden haber tenido un recorrido algo más accidentado al proceder de tributarios de ambos márgenes del la Riera de les Arenes. No podemos tampoco descartar la posibilidad de un origen de segundo ciclo.

(*) J.M.Mata (1990) cita la existencia de pequeños filones de cuarzo encajonados entre las pizarras silúricas, con presencia de: calcopirita, pirita, goethita, azurita, calcita, malaquita y cuarzo.

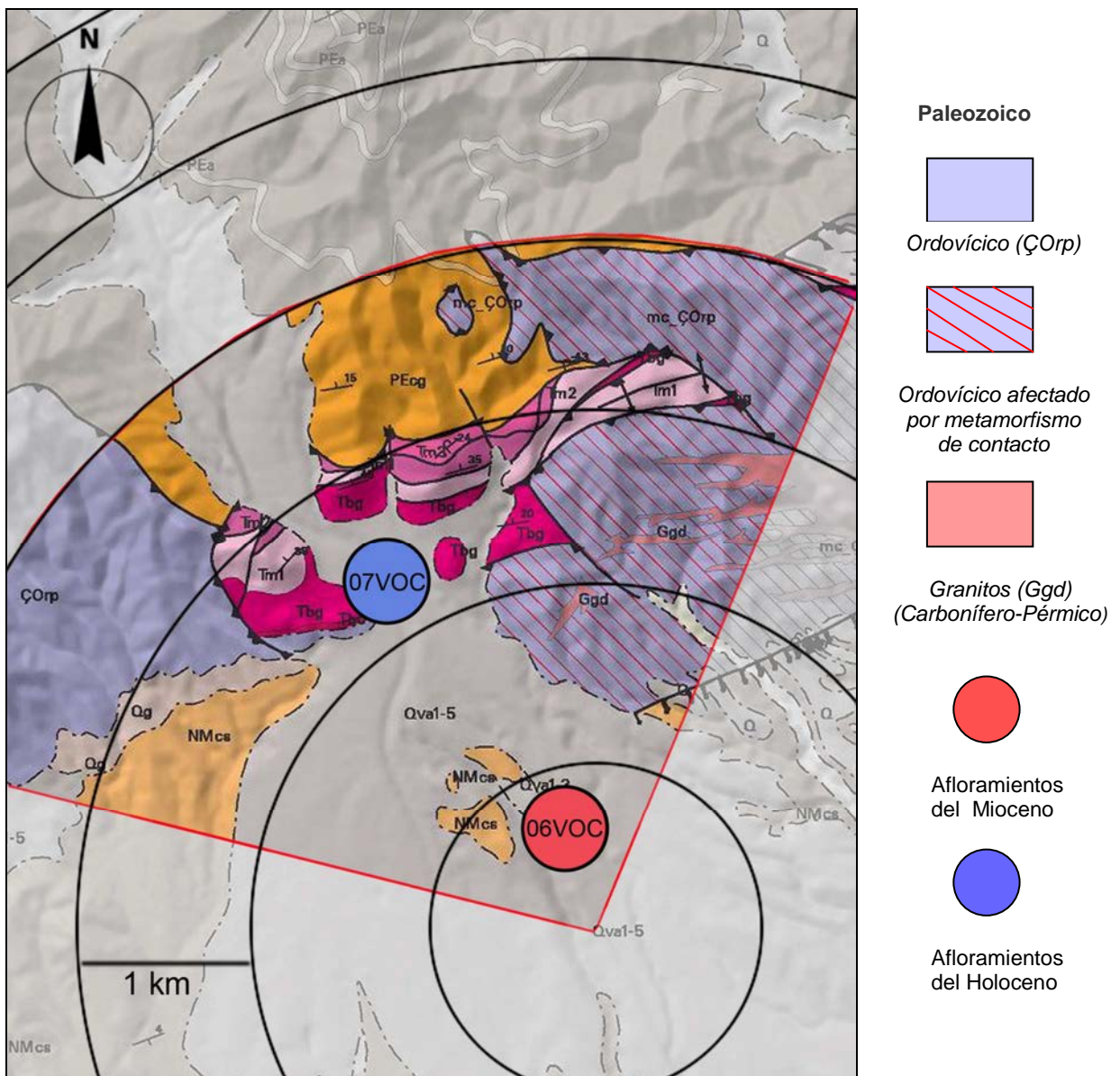


Fig.83: Esquema de situación de los materiales paleozoicos (pizarras micacíticas, pizarras arenosas, filitas, cornubianitas y granitos) que se consideran como áreas fuente.

Se incorporan las *tablas (45 a 48)* en donde se comparan las litologías de los cinco afloramientos del Grupo 2, con las que conforman los relieves actuales (relacionadas en la cartografía geológica del ICC/IGME-2006), para poner de manifiesto las coincidencias que posibilitan su determinación como áreas fuente, y también justificar los minerales pesados que se han identificado como derivados de aquellas litologías.


Tabla 45: Litología de los relieves que conforman la Cordillera Prelitoral (zona centro del Vallès Occidental) y el Eoceno de la Depresión Central Catalana

| Relieves que conforman las posibles áreas fuente (*) | | | Rocas |
|--|----------|--|-------------------------|
| Edad | Símbolos | Litología | |
| Ordovícico | ÇOrp | Pizarras micacíticas y Pizarras arenosas | METAMÓRFICAS (Regional) |
| Ordovícico afectado met | mc_COlp | Filitas y cornubianitas | METAMÓRFICAS (Contacto) |
| Granitos (Carb/Permico) | Ggd | Granodioritas y granitos alcalinos | GRANITOS |
| Triásico inferior | Tbg | Alternancia de areniscas y arcillas | ARENISCAS |
| Triásico medio-superior | Tm2-Tm3 | Calcáreas micríticas y dolomias | CALCÁREAS |
| Eoceno | PEa | Arcillas, areniscas y limolitas | ARENISCAS |
| Eoceno | PEcg | Conglomerados heterométricos | CONGLOMERADOS |

(*) ICC / IGME (2006) - Leyenda del mapa geológico 1:50.000

Tabla 46: Litologías obtenidas en cada uno de los afloramientos del Grupo 3

| Litología de los aluviones % | | JE-006-VOC | JE-007-VOC |
|---|------------------|------------|------------|
| Gravas > 3.72 mm en muestra | Metamórficas | 43 | 46 |
| | Granitos | | 2 |
| | Pórfidos/Aplitas | | |
| | Calcáreas | 25 | 14 |
| | Cuarzo | 12 | 14 |
| | Areniscas | | 17 |
| | Areniscas rojas | 10 | 2 |
| | Liditas/Chert | 9 | 4 |
| | Microconglom. | 1 | 1 |
| | Cuarcitas | | |
| | Travert/Alterad | | |
| TOTAL % | 100 | 100 | |
| Gravas < 3.72 mm no en fracc. anterior | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | TOTAL % | | |
| Partículas de oro | | 1 | 4 |



Mioceno

Holoceno

Conclusiones:

Las rocas metamórficas y el cuarzo (procedentes del Paleozoico de la *Cordillera Prelitoral*) y las calcáreas (procedentes del Eoceno de la *Depresión Central Catalana*), conforman mayoritariamente la litología de los afloramientos del Grupo 3.

Tabla 47: Minerales pesados que pueden derivarse de cada grupo de las litologías

| METAMÓRFICAS | | GRANITOS | | ARENISCAS | CALCÁREAS |
|--------------|--------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Anatasa | Fluorapatito | Anatasa | Magnetita | Baritina | Baritina |
| Andalucita | Goethita | Andalucita | Piritas ox. | Ch.apatito | Piritas ox. |
| Almandino | Grossularia | Ch.apatito | Rutilo | Circón | |
| Ch.apatito | Hematites | Circón | Titanita | Goyazita | |
| Circón | Hornblenda | Clinocloro | Turmalina | Florecita | |
| Clinocloro | Ilmenita | Cordierita | | Magnetita | |
| Cordierita | Magnetita | Corindón | | Óxidos fe. | |
| Corindón | Monacita | Diópsido | | | |
| Diópsido | Piritas ox. | Epidota | | | |
| Epidota | Rutilo | Hematites | | | |
| Espessartita | Titanita | Hornblenda | | | |
| Estaurolita | Turmalina | Ilmenita | | | |

Tabla 48: Justificación de la procedencia de los minerales pesados de los afloramientos del Grupo 2

| | | Minerales pesados identificados en los afloramientos del Grupo 2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|---|--------------|------------|---------|--------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|-----------|------------|--------|----------|----------|----------|--------|-----------|------------|------------|--|
| | | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | X | - | X | X | X | - | X | |
| Litología de los aluviones | | C.H. Apatito | Fluorapatito | Andalucita | Anatasa | Circón | Epidota 1 | Epidota 2 | Estaurolita | Granate Al | Granate Esp | Granate Gr | Magnetita | Óxidos Fe | Pirita ox. | Rutilo | Alunitas | Monacita | Ilmenita | Barita | Turmalina | Pirolusita | Clinocloro | |
| Gravas > 3.72 mm en muestra | Metamórficas | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | X | X | X | | | X | | X | X | X | |
| | Granitos | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Pórfidos/Aplitas | X | X | X | X | X | X | X | | | | | X | X | X | X | | | X | | X | | X | |
| | Calcáreas | | | | | | | | | | | | | | X | | | | | | X | | | |
| | Cuarzo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Areniscas | X | X | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Areniscas rojas | X | X | | | X | | | | | | | X | X | | | X | | | X | | | | |
| | Travert/Alterad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Liditas/Chert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gravas < 3.72 mm no en fracc. anterior | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | NINGUNO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Conclusiones:

- Los relieves preexistentes que dieron lugar a los sedimentos miocénicos tuvieron que ser como los actuales, dado que con estos podemos justificar la presencia de todos lo minerales pesados que contienen aquellos.
- Queda por justificar si el oro se formó en zonas de enriquecimiento supergénico (gossans) de yacimientos de cuya existencia no tenemos constancia, o bien está exclusivamente asociado a los materiales del Paleozoico y a los filones de cuarzo que los acompañan.

Grupo 5 - Congost

Se estudian y comparan en este grupo las muestras obtenidas a lo largo del recorrido del Río Congost, tanto las recogidas en sus márgenes como las correspondientes a las rieras que desembocan en él. También las del Mioceno más próximo, independientemente de que algunas de ellas no contengan partículas de oro (Fig.84).

El objetivo de este estudio es deducir las áreas fuente de las muestras del Mioceno y del Holoceno, así como también el estudio de una muestra de oro en matriz cedida de una colección particular (procedente de un legado de 1932) y rotulada como encontrada en los alrededores de Can Poi (La Garriga).

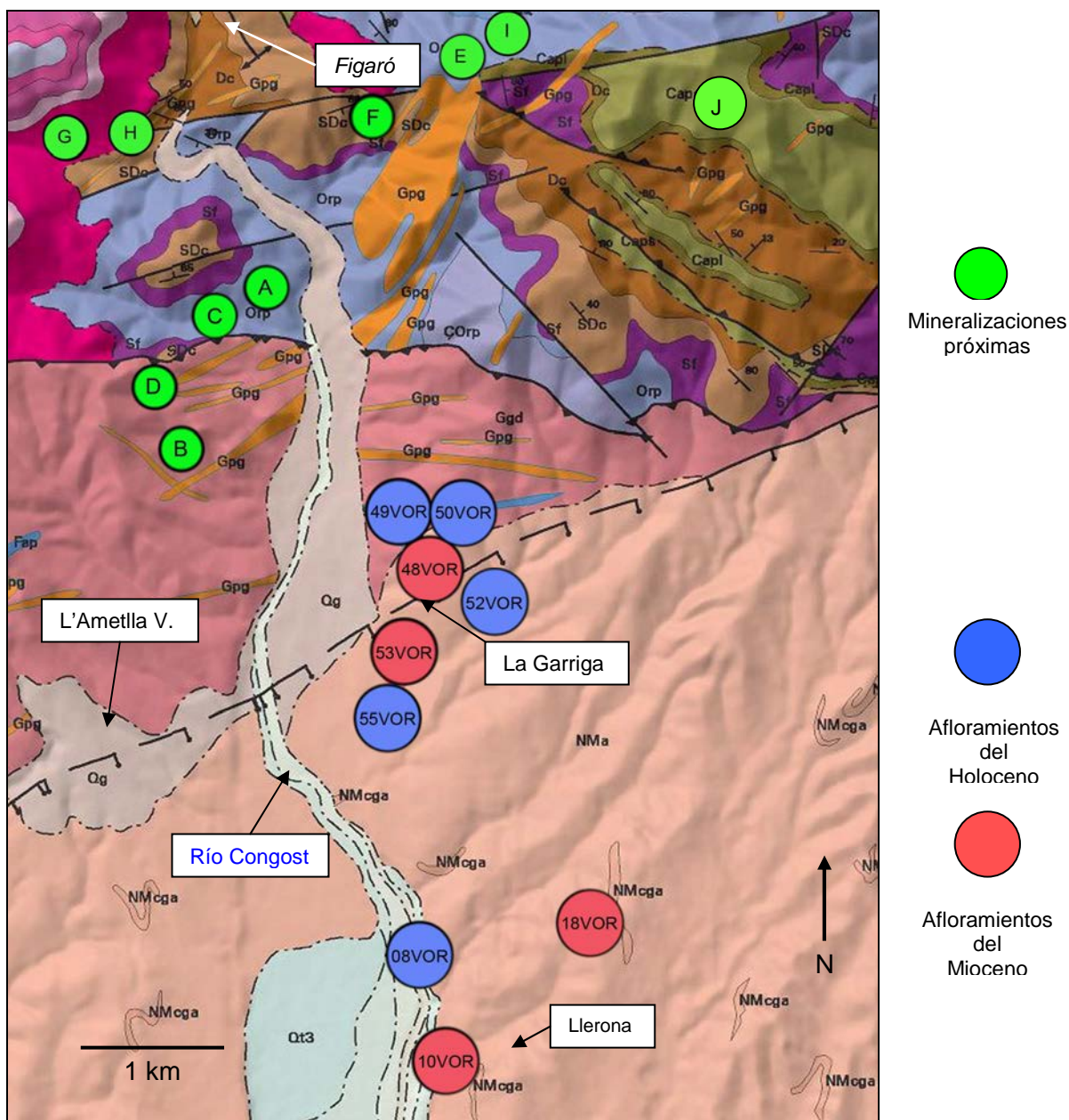


Fig.84: Mapa geológico con la situación de los afloramientos del Grupo 5 (Congost) relacionados en la página 22. Cartografía original del ICC/IGME (1:50.000 - 2006). Leyendas consultables en el DVD adjunto a la tesis. En color verde las mineralizaciones históricas conocidas más próximas

Relación de las mineralizaciones próximas a los afloramientos del Grupo 5 (J.M.Mata, 1990) (ver Fig.84)

A) Pla de Montcau: Pequeños filones de cuarzo con minerales de cobre, que atraviesan las pizarras y esquistos del Ordovícico. Los minerales presentes son: calcopirita, pirita, goethita, hematites, pirolusita, calcita, malaquita, baritina y cuarzo.

B) La Rovira: Son mineralizaciones similares a las anteriores, con filones que atraviesan los granitos. Los principales minerales son: calcopirita, malaquita y cuarzo (que es el mineral que predomina).

C) Font dels Tremolencs: Es la mineralización más importante de La Garriga. Se trata de pequeños filones de cuarzo con minerales de cobre, encajados en las pizarras, cerca del contacto con los granitos. Los minerales presentes son: calcopirita, pirita, goethita, hematites, pirolusita, azurita, calcita, baritina y cuarzo.

D) Camí de Tremolencs: Cerca del anterior hay un filón de cuarzo de casi un metro que atraviesa los granitos con la presencia de minerales como: calcopirita, pirita, cuprita, goethita, hematites, pirolusita, azurita, calcita, malaquita y cuarzo.

E) Minas de Vallvert: Aparecen una serie de pequeños filones de pirita y de otros minerales, encajonados entre las pizarras del Ordovícico. Los minerales presentes son: arsenopirita, pirita, goethita, hematites, melanterita y cuarzo.

F) Torrente de Can Plans: Entre las calcáreas del Devónico aparecen impregnaciones cupríferas con la presencia de: calcopirita, goethita, hematites y malaquita.

G-H) Can Oliveres y Mina de Baritina: Filones que atraviesan los esquistos y las calcáreas paleozoicas, principalmente del Devónico. Por otra parte hay concentraciones ferruginosas entre las areniscas del Triásico que cubren los materiales devonianos. El conjunto de minerales presentes son: calcopirita, galena, hematites, goethita, azurita, calcita, dolomita, malaquita, baritina y cuarzo.

I) Mina de Socau (Vallcárquera): Depósito de skarn del Pérmico formado durante la orogenia hercínica por el contacto metasomático de una intrusión porfídica, que dio lugar a una mineralización de granates de la serie grossularia-andradita, junto con un posterior fluido en fase retrogradante que precipito magnetita (M. Corbella et al., 2014). Los minerales presentes según (J.M.Mata, 1990) son: calcopirita, esfalerita, galena, pirita, goethita, calcita, cerusita, dolomita, baritina y cuarzo.

J) Mina de Can Valls (Font de Vallfiguera-Roca Centella): Mineralización situada en los conglomerados del Culm, donde rellenan grietas. Los minerales presentes son: galena, pirita, goethita, hematites, cerusita, calcita, anglesita y cuarzo.

Afloramiento JE-010-VOR (Mioceno)

El Falgar: al W de Can Morera (Llerona)

Situación dentro del *horts*: En posición proximal a la falla septentrional

Concentración: Se ha dispuesto de los testigos continuos correspondientes a 4 sondeos cedidos por UTE URBANITZACIÓ LLERONA y realizados por JOLSA en 01/2007.

Coordenadas y profundidad de los sondeos:

- Sondeo (S-1) - UTMX: 441013E, UTMY: 4610046N (20m)
- Sondeo (S-2) - UTMX: 441051E, UTMY: 4610046N (20m)
- Sondeo (S-3) - UTMX: 441093E, UTMY: 4610046N (24,80m)
- Sondeo (S-4) - UTMX: 441129E, UTMY: 4610046N (29m)

Partículas de oro obtenidas: 354 - Peso estimado: 17,48 mg/Tm



Detalle de las
cajas que
contienen los
testigos del
sondeo S-2

Situación de los sondeos: Tres sondeos en el margen izquierdo del Río Congost (S-2, S-3, S-4) y un sondeo en el margen derecho (S-1). (Fig. 85)

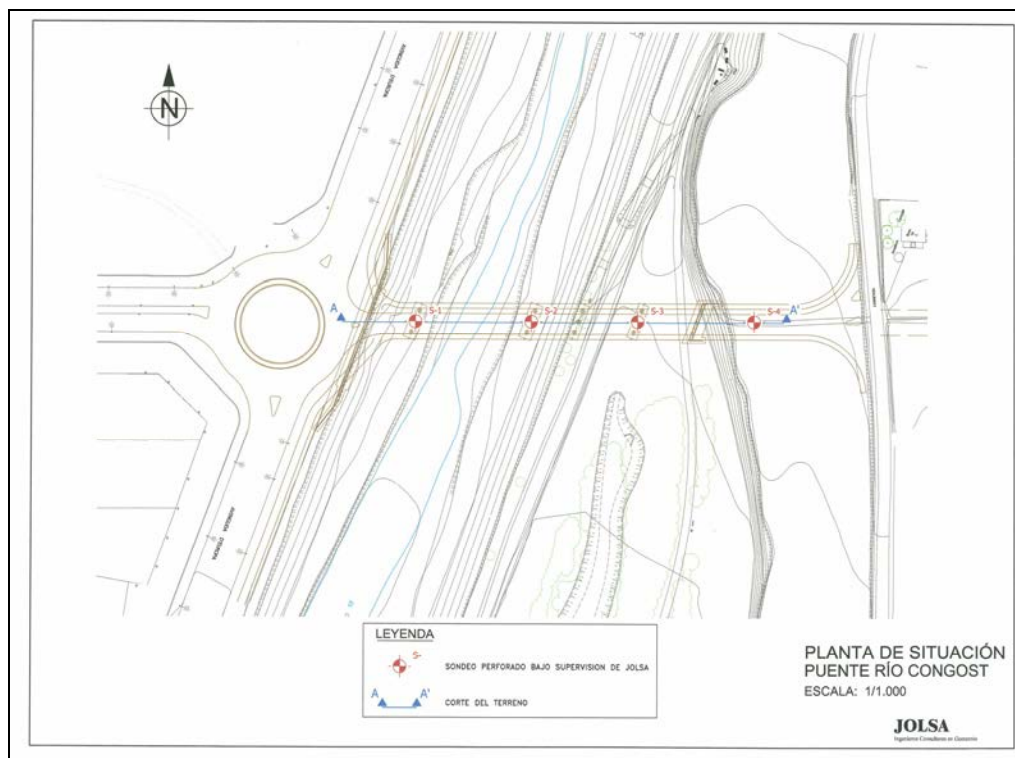
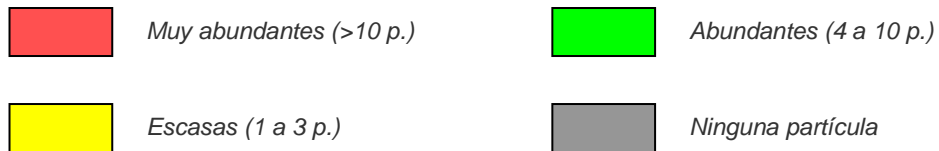
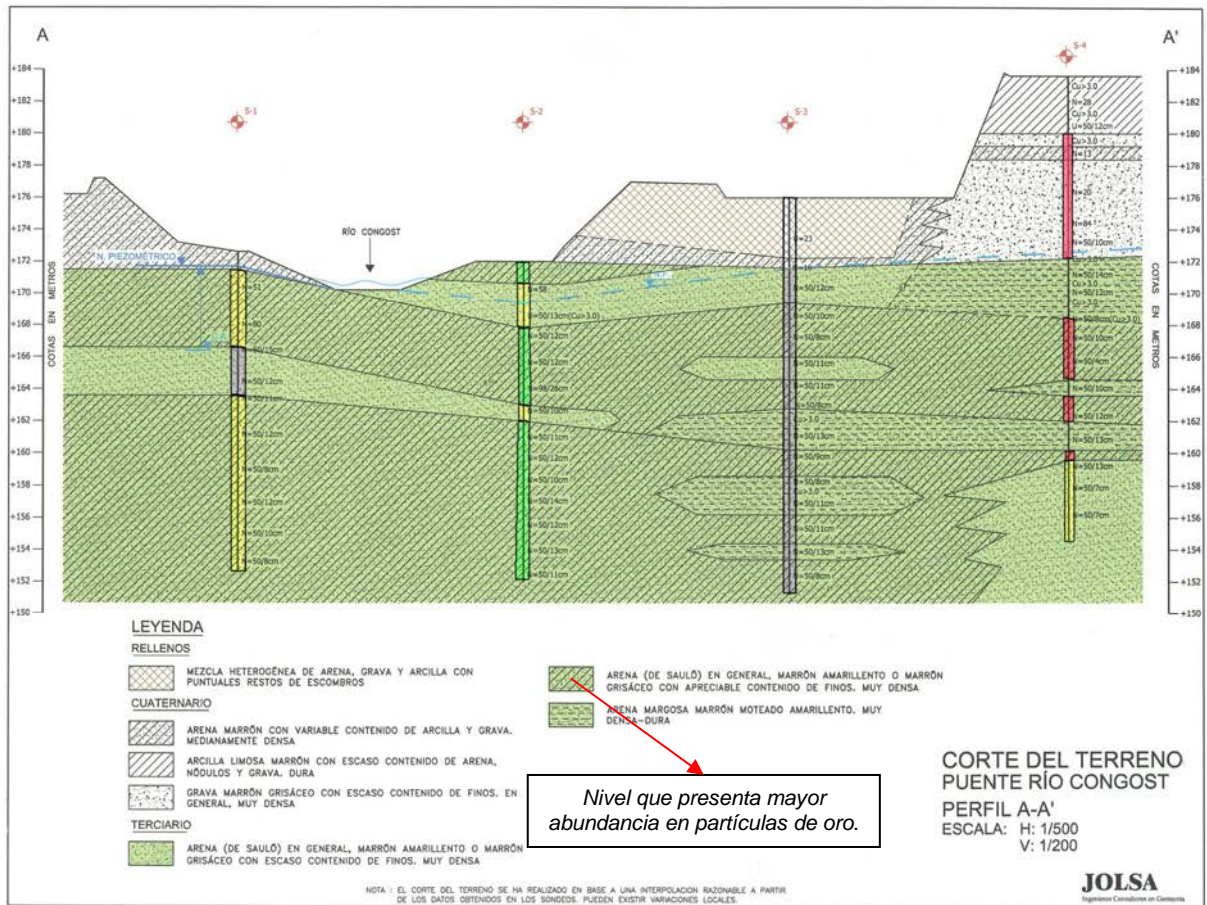
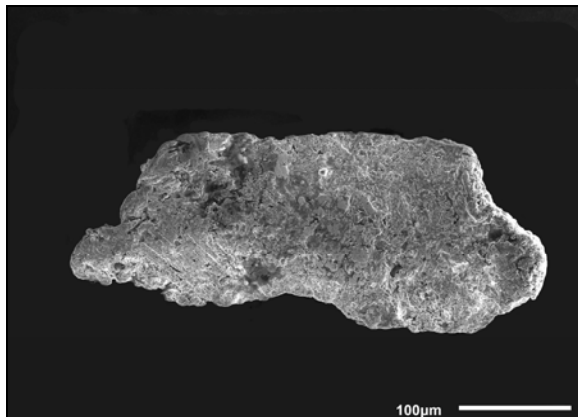


Fig.85: Situación de los sondeos S-1, S-2, S-3 y S-4

Abundancias de partículas de oro en los distintos niveles de cada sondeo

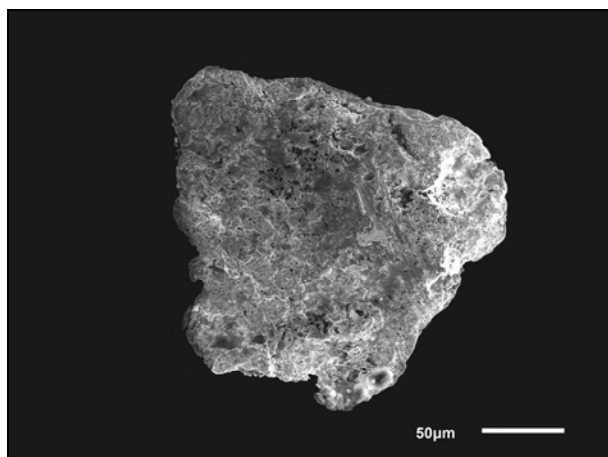


Descripción morfológica y parámetros de 10 partículas de oro seleccionadas de JE-010-VOR



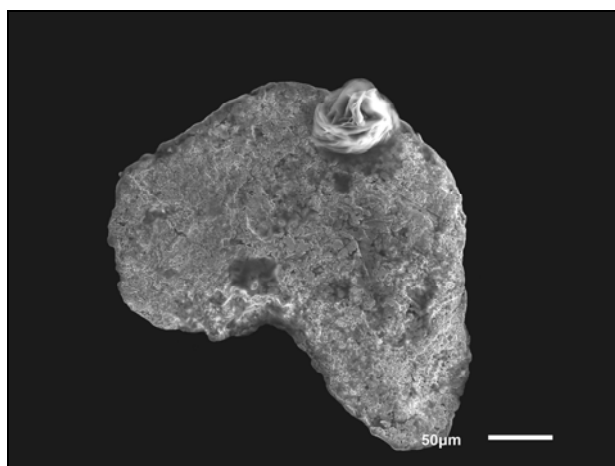
| Partícula: 10VOR-01 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 433,129 µm |
| Anchura (B+) | 175,419 µm |
| Grosor (C+) | 40 µm |
| Superficie | 43289,89 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 176,6087 µm |
| Peso estimado | 0,032 mg |
| SFC | 0,1379 |
| IA | 8,00 |
| Morfología | plegada |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plegada. Bordes de subredondeados a subangulosos. Superficie policristalina poco desarrollada. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Repliegues en la parte izquierda. Conserva algunos puntos de contacto con la roca o mineral encajante.



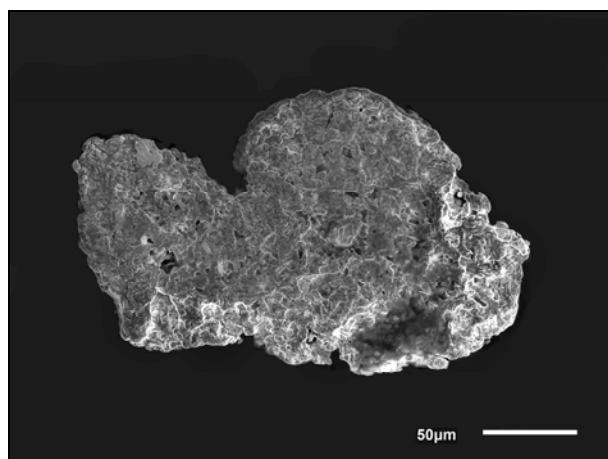
| Partícula: 10VOR-02 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 209,301 µm |
| Anchura (B+) | 174,419 µm |
| Grosor (C+) | 30 µm |
| Superficie | 25587,16 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 123,4743 µm |
| Peso estimado | 0,013 mg |
| SFC | 0,1413 |
| IA | 7,11 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes subredondeados a subangulosos. Superficie policristalina poco desarrollada. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes. Restos de ganchos (hookets) replegados en la parte inferior izquierda. Huella de arrastre unidireccional.



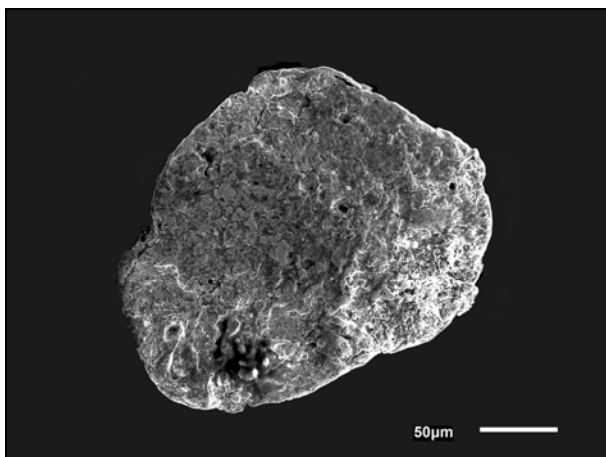
| Partícula: 10VOR-03 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 303,034 µm |
| Anchura (B+) | 257,582 µm |
| Grosor (C+) | 42 µm |
| Superficie | 47979,17 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 178,2640 µm |
| Peso estimado | 0,035 mg |
| SFC | 0,1360 |
| IA | 7,38 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes subredondeados. Superficie policristalina algo desgastada. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes.



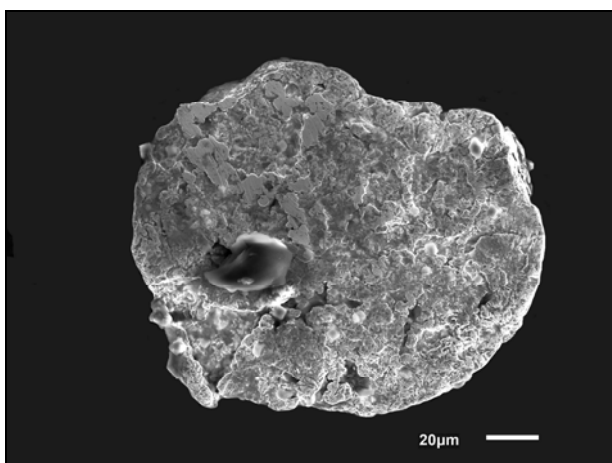
| Partícula: 10VOR-04 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 244,903 µm |
| Anchura (B+) | 142,862 µm |
| Grosor (C+) | 32 µm |
| Superficie | 24988,58 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 126,0891 µm |
| Peso estimado | 0,014 mg |
| SFC | 0,1604 |
| IA | 6,46 |
| Morfología | Plana/plegada |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana con algunos repliegues. Bordes sunangulosos a subredondeados. Superficie policristalina. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunos puntos de contacto con la roca o mineral encajante.



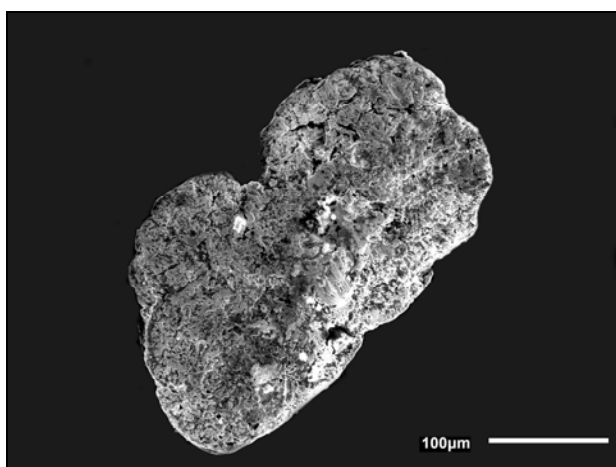
| Partícula: 10VOR-05 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 248,642 μm |
| Anchura (B+) | 201,224 μm |
| Grosor (C+) | 36 μm |
| Superficie | 26757,81 μm^2 |
| Diámetro equivalente (ED) | 148,1078 μm |
| Peso estimado | 0,018 mg |
| SFC | 0,1520 |
| IA | 6,62 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes subredondeados. Superficie policristalina poco desarrollada. Marcas de contacto con la matriz encajante. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunas huellas de vacío de otros minerales.



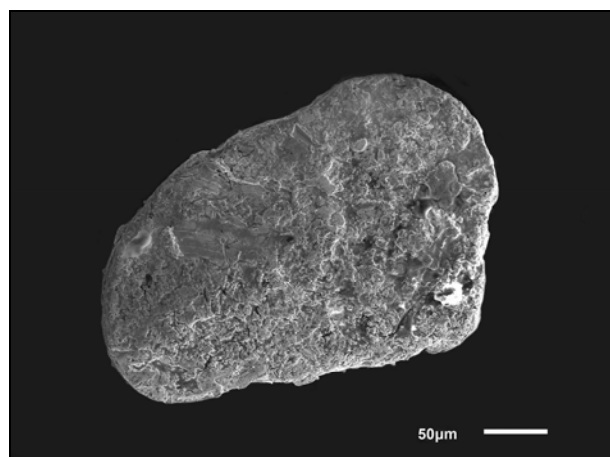
| Partícula: 10VOR-06 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 155,566 μm |
| Anchura (B+) | 133,333 μm |
| Grosor (C+) | 28 μm |
| Superficie | 15802,53 μm^2 |
| Diámetro equivalente (ED) | 100,9893 μm |
| Peso estimado | 0,008 mg |
| SFC | 0,1805 |
| IA | 5,56 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes subredondeados. Superficie policristalina. Numerosas marcas de contacto con la matriz encajante. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Ligeramente repliegue en la parte inferior izquierda.



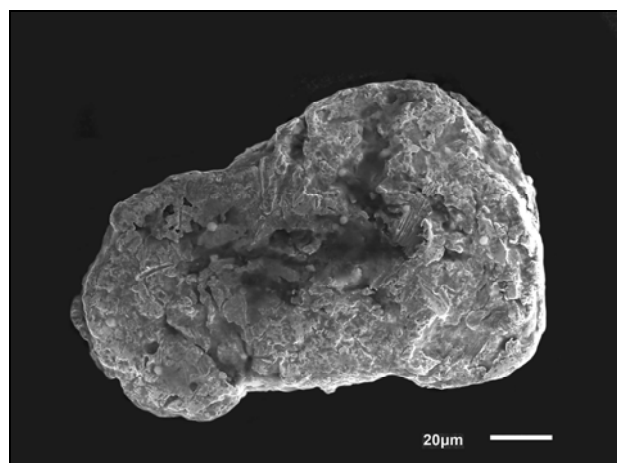
| Partícula: 10VOR-07 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 366,665 μm |
| Anchura (B+) | 216,672 μm |
| Grosor (C+) | 40 μm |
| Superficie | 56389,78 μm^2 |
| Diámetro equivalente (ED) | 179,3159 μm |
| Peso estimado | 0,041 mg |
| SFC | 0,1419 |
| IA | 7,29 |
| Morfología | Plana/plegada |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes subredondeados ligeramente replegados. Superficie policristalina. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior.



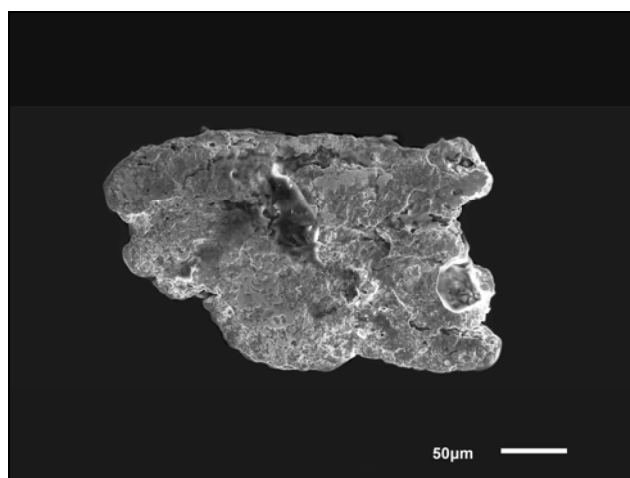
| Partícula: 10VOR-08 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 340,909 µm |
| Anchura (B+) | 227,273 µm |
| Grosor (C+) | 38 µm |
| Superficie | 50505,02 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 176,2501 µm |
| Peso estimado | 0,036 mg |
| SFC | 0,1365 |
| IA | 7,48 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana. Bordes subredondeados. Superficie policristalina. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Marcas de arrastre y de contacto con la matriz encajante.



| Partícula: 10VOR-09 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 150,265 µm |
| Anchura (B+) | 100,326 µm |
| Grosor (C+) | 22 µm |
| Superficie | 11718,75 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 84,5597 µm |
| Peso estimado | 0,005 mg |
| SFC | 0,1710 |
| IA | 5,97 |
| Morfología | plana |
| Situación área fuente | distal + |

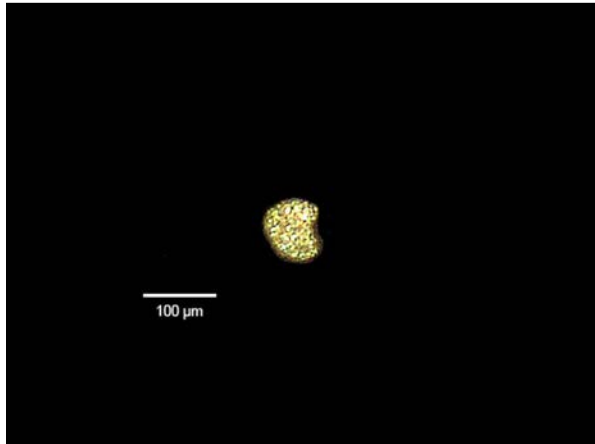
Morfología plana. Bordes subredondeados. Superficie policristalina. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior. Algunas huellas de vacío de otros minerales. Ligeras huellas de arrastre.



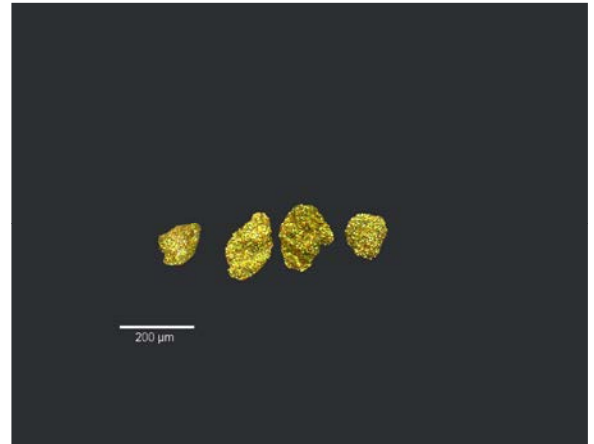
| Partícula: 10VOR-10 | |
|---------------------------|--------------------------|
| Longitud (A+) | 287,879 µm |
| Anchura (B+) | 174,242 µm |
| Grosor (C+) | 38 µm |
| Superficie | 41092,48 µm ² |
| Diámetro equivalente (ED) | 149,6731 µm |
| Peso estimado | 0,028 mg |
| SFC | 0,1563 |
| IA | 6,60 |
| Morfología | Plana/plegada |
| Situación área fuente | distal + |

Morfología plana ligeramente replegada. Bordes subredondeados a subangulosos. Superficie policristalina poco desarrollada. Cavidades con cristales subhédricos de formas hexaédricas dominantes en su interior.

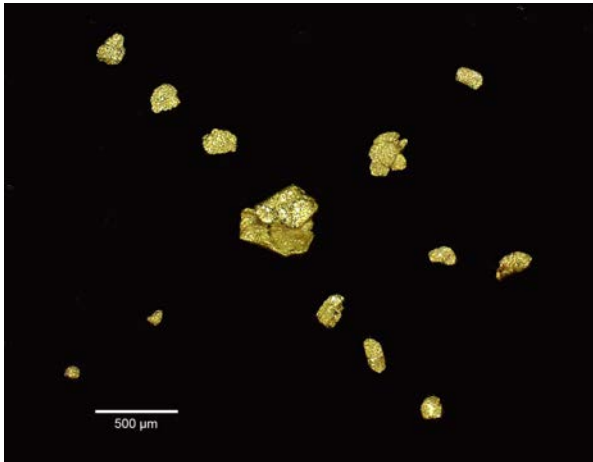
Imágenes de algunas de las partículas obtenidas en los diferentes sondeos



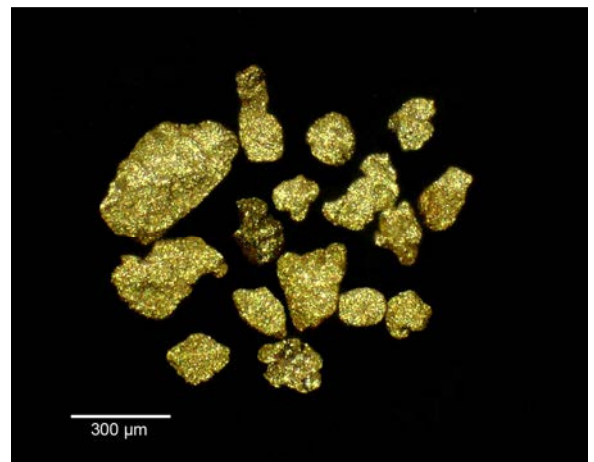
Partícula de tamaño $<100\mu\text{m}$ obtenida del sondeo 1 con un peso aproximado de 0,002mg.



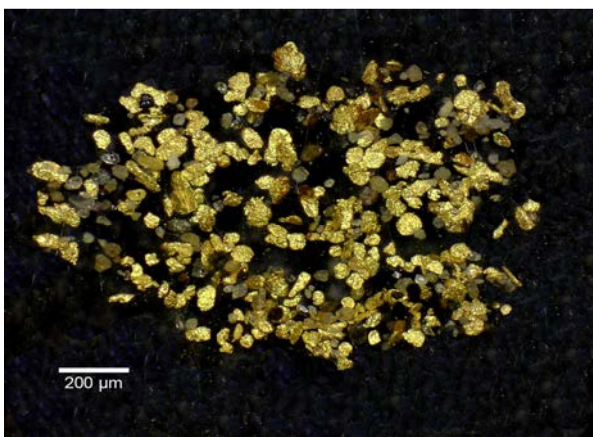
Algunas partículas de tamaño $>100\mu\text{m}$ de las obtenidas del sondeo 2.



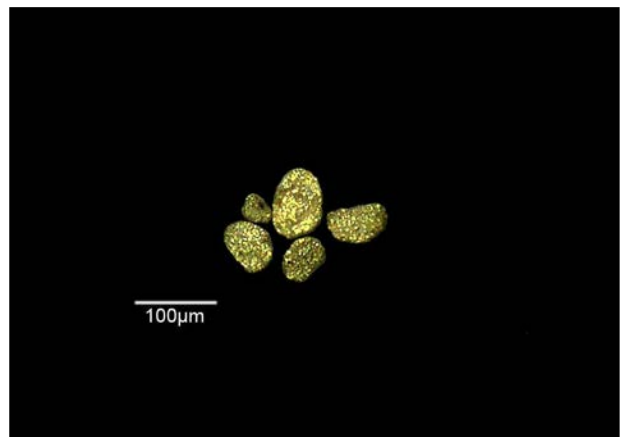
Conjunto de partículas de tamaños $>100\mu\text{m}$, $>300\mu\text{m}$, $>500\mu\text{m}$ obtenidas del sondeo 4.



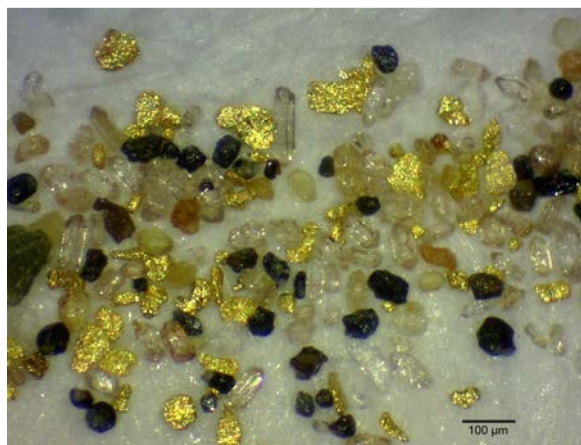
Conjunto de partículas de tamaños $>100\mu\text{m}$ y $>300\mu\text{m}$ obtenidas del sondeo 4.



Conjunto de partículas de tamaños $<100\mu\text{m}$ obtenidas del sondeo 4.



Conjunto de partículas de tamaños $<100\mu\text{m}$ obtenidas del sondeo 2.



Fracción diamagnética del sondeo 4 con presencia de oro, circón y fluorapatitos.



Conjunto de partículas de tamaños <100µm obtenidas del sondeo 2.

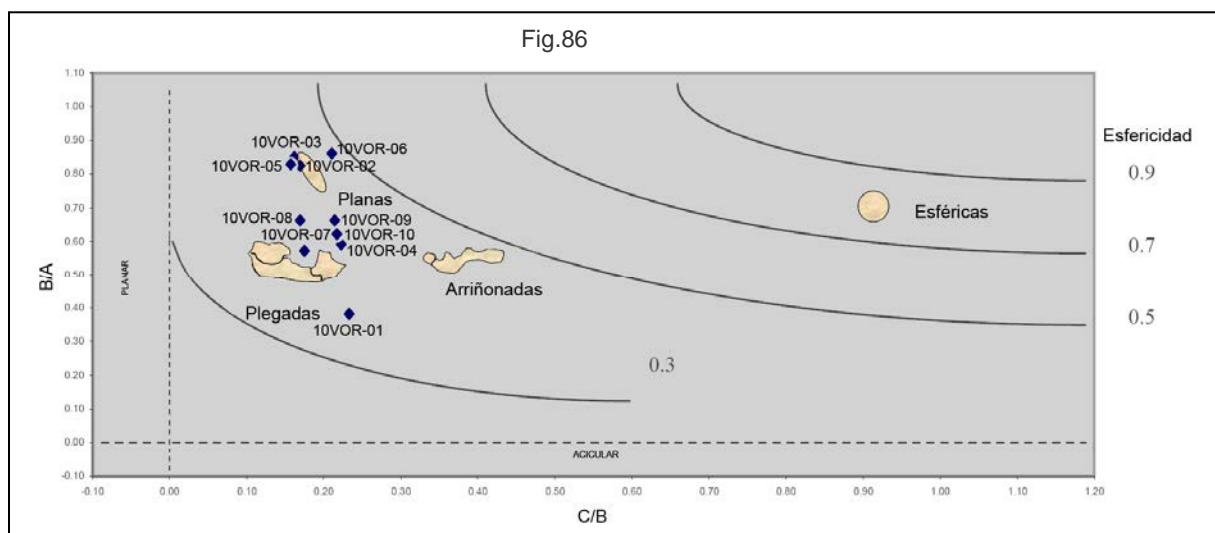
Composición química (EDS) y peso específico final de las 10 partículas estudiadas de JE-010-VOR

| Partícula | A% Au | A% Ag | A% Cu | A% Zn | Pe. Final |
|-----------|--------|-------|-------|-------|-----------|
| 10VOR-01 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 10VOR-02 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 10VOR-03 | 99,03 | 0,14 | 0,83 | | 19,20 |
| 10VOR-04 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 10VOR-05 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 10VOR-06 | 99,16 | | 0,84 | | 19,21 |
| 10VOR-07 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 10VOR-08 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 10VOR-09 | 100,00 | | | | 19,30 |
| 10VOR-10 | 100,00 | | | | 19,30 |

Se representa el diagrama de Zingg-Krumbein para determinar a que dominio morfológico pertenece cada partícula (Tabla.49) y (Fig.86).

Tabla 49: Dimensiones de los ejes utilizadas para representar el diagrama de Zingg-Krumbein considerando el eje C en su valor máximo.

| Partícula | Eje A+ (µm) | Eje B+ (µm) | Eje C+ (µm) | B+ / A+ | C+ / B+ |
|-----------|-------------|-------------|-------------|---------|---------|
| 10VOR-01 | 433,126 | 175,242 | 40 | 0,40 | 0,23 |
| 10VOR-02 | 209,301 | 174,419 | 30 | 0,83 | 0,17 |
| 10VOR-03 | 303,034 | 257,582 | 42 | 0,85 | 0,16 |
| 10VOR-04 | 244,903 | 142,862 | 32 | 0,58 | 0,22 |
| 10VOR-05 | 248,642 | 201,224 | 36 | 0,81 | 0,18 |
| 10VOR-06 | 155,566 | 133,333 | 28 | 0,86 | 0,21 |
| 10VOR-07 | 366,665 | 216,672 | 40 | 0,59 | 0,18 |
| 10VOR-08 | 340,909 | 227,273 | 38 | 0,67 | 0,17 |
| 10VOR-09 | 150,265 | 100,326 | 22 | 0,67 | 0,22 |
| 10VOR-10 | 287,879 | 174,242 | 38 | 0,61 | 0,22 |



Se observa en el diagrama que las partículas 10VOR-02/03/05/06/08/09 se sitúan en sector correspondiente a las morfologías planas. Las partículas 10VOR-01 y 04 presentan inicios de pliegue. La 10VOR-01 está aparentemente plegada con tendencia a plana por aplastamiento.

Todas presentan superficies policristalinas más o menos desarrolladas.

Son frecuentes los cristales de formas hexaédricas dominantes en las cavidades.

Restos de ganchos (*hookets*) plegados y desgastados en la 10VOR-02/04/06/07/10

Todas estas características morfológicas, antes de calcular los parámetros morfométricos, apuntan a un área fuente medianamente cercana ($\geq 10\text{km}$) de recorrido.

Cálculo y representación de los parámetros morfométricos

De acuerdo con lo expuestos en las consideraciones previas, se detallan las características morfológicas que se han tenido en cuenta para la elección del valor de **C** aplicable para cada partícula (Tabla 50) y se representan los valores de SFC e IA (Figs.87 y 88).

| Valor aplicable - Ce | Partículas | Características morfológicas consideradas |
|-----------------------------|---------------|---|
| C máximo | 10VOR-07 y 08 | Planas |
| C calculado | Resto 10VOR | Plana con alguna irregularidad |

Tabla 50: En números azules los valores escogidos. En las columnas **C selecc** (color verde), se relacionan los valores utilizados para la confección de los gráficos.

| Partícula | C+/Ce (μm) | C+ | C+ | C calc (μm) | C calc | C calc | C- (μm) | C- | C- | C selecc | C selecc |
|-----------|----------------------------|--------|------|-----------------------------|--------|--------|----------------------|--------|------|----------|----------|
| | | SFC | IA | | SFC | IA | | SFC | IA | | |
| 10VOR-01 | 40 | 0,1452 | 7,60 | 38 | 0,1379 | 8,00 | 34 | 0,1234 | 8,95 | 0,1379 | 8,00 |
| 10VOR-02 | 30 | 0,1570 | 6,40 | 27 | 0,1413 | 7,11 | 24 | 0,1256 | 7,99 | 0,1413 | 7,11 |
| 10VOR-03 | 42 | 0,1503 | 6,67 | 38 | 0,1360 | 7,38 | 36 | 0,1289 | 7,79 | 0,1360 | 7,38 |
| 10VOR-04 | 32 | 0,1711 | 6,06 | 30 | 0,1604 | 6,46 | 28 | 0,1497 | 6,92 | 0,1604 | 6,46 |
| 10VOR-05 | 36 | 0,1609 | 6,25 | 34 | 0,1520 | 6,62 | 32 | 0,1431 | 7,03 | 0,1520 | 6,62 |
| 10VOR-06 | 28 | 0,1944 | 5,16 | 26 | 0,1805 | 5,56 | 24 | 0,1666 | 6,02 | 0,1805 | 5,56 |
| 10VOR-07 | 40 | 0,1419 | 7,29 | 38 | 0,1348 | 7,68 | 36 | 0,1277 | 8,10 | 0,1419 | 7,29 |
| 10VOR-08 | 38 | 0,1365 | 7,48 | 37 | 0,1329 | 7,68 | 36 | 0,1293 | 7,89 | 0,1365 | 7,48 |
| 10VOR-09 | 22 | 0,1792 | 5,70 | 21 | 0,1710 | 5,97 | 16 | 0,1303 | 7,83 | 0,1710 | 5,97 |
| 10VOR-10 | 38 | 0,1697 | 6,08 | 35 | 0,1563 | 6,60 | 32 | 0,1429 | 7,22 | 0,1563 | 6,60 |
| 10VOR | | | | | | | | | | 0,1514 | 6,85 |

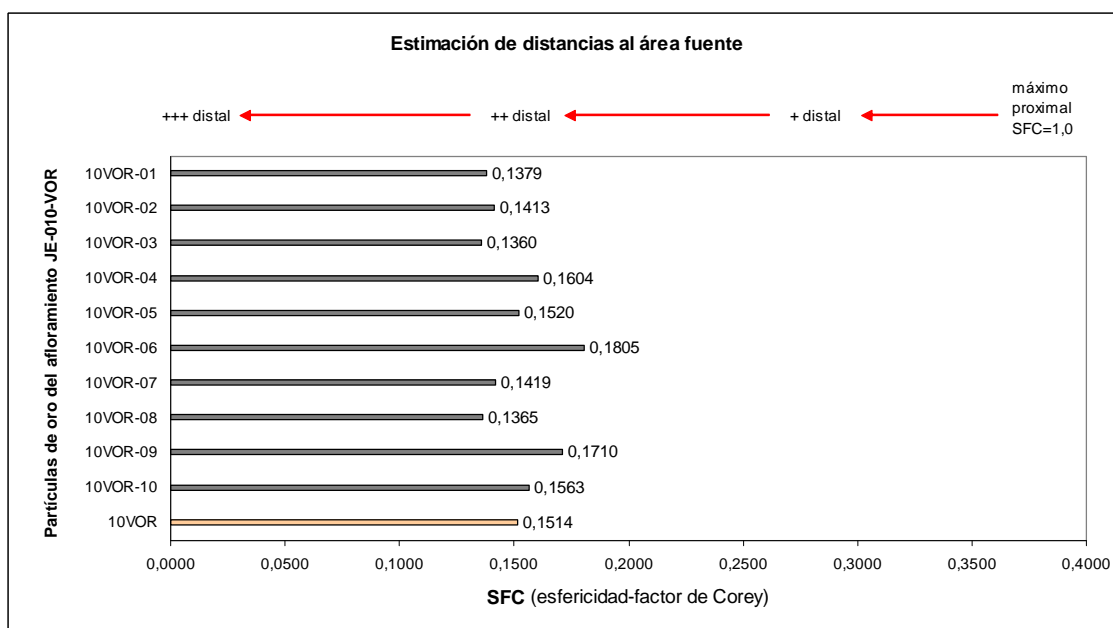


Fig. 87: Representación de los valores de SFC (factor de forma de Corey) para las partículas 10VOR-01 a 10VOR-10. Las flechas indicadoras de las distancias son de carácter orientativo.

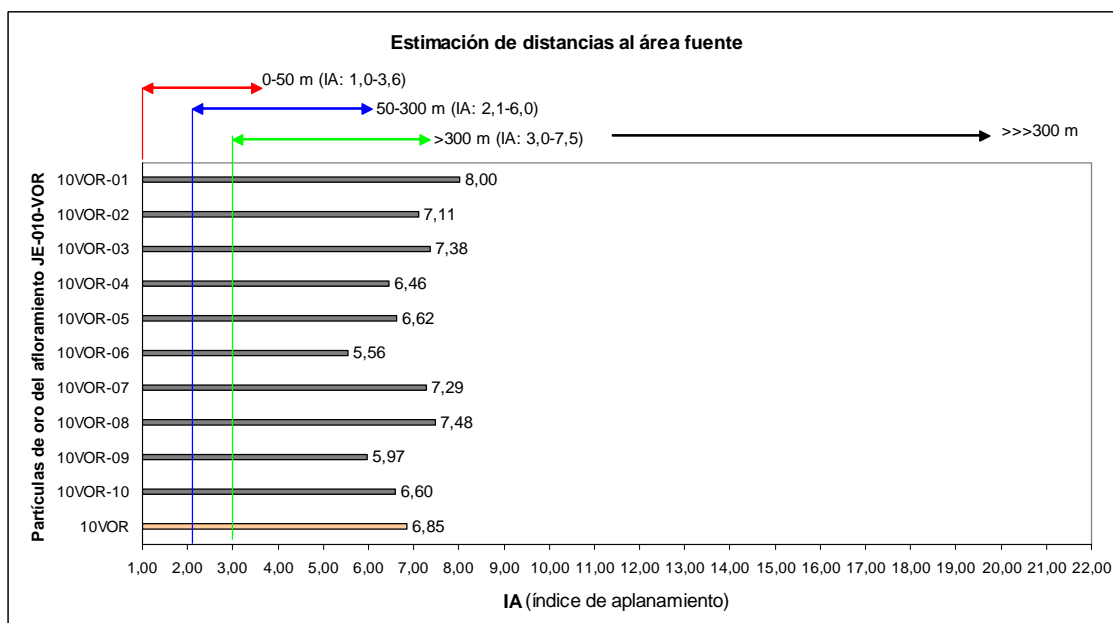


Fig.88: Representación de los valores de IA (índice de aplanamiento) para las partículas 10VOR-01 a 10VOR-10. Con carácter informativo y en flechas de color, las distancias propuestas por Townley et al. (2003)

Los valores promedio, obtenidos tanto para SFC (0,1514), como para IA (6,85), corresponden a partículas que proceden de un área fuente que estimamos medianamente distante (≥ 10 km).

Afloramiento JE-048-VOR (Mioceno)

La Garriga: Excavación en C/ Les Alzines

Situación dentro del *horts*: En posición proximal a la falla septentrional

UTMX: 441576E - UTMY: 4615058N

Concentración: Sistemática

Partículas de oro obtenidas: 15

Peso estimado: 0,80 mg/Tm

Afloramiento JE-053-VOR (Mioceno)

La Garriga: Bosc de Malhivern (restos de una excavación en el Mioceno)

Situación dentro del *horts*: En posición proximal a la falla septentrional

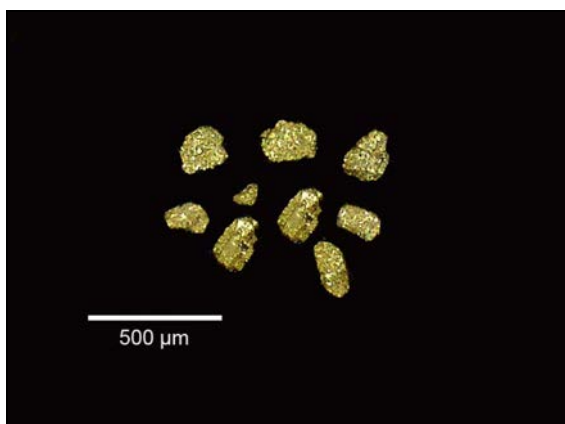
UTMX: 441381E - UTMY: 4614138N

Concentración: Sistemática

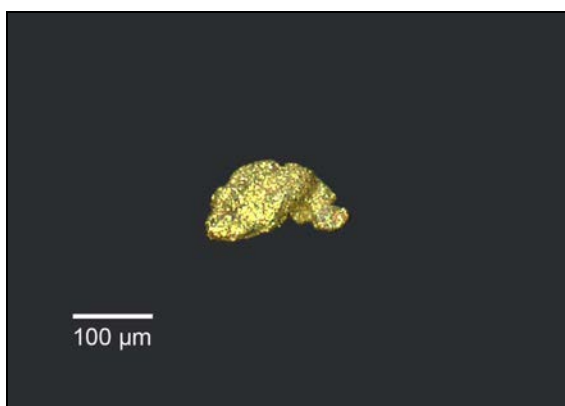
Partículas de oro obtenidas: 1

Peso estimado: 0,33 mg/Tm

Descripción morfológica y parámetros de partículas de oro seleccionadas de JE-048 y 053-VOR



| Algunas partículas de JE-048VOR | |
|---------------------------------|----------|
| Peso estimado | 0,010 mg |
| Morfologías | planas |
| Situación área fuente | distal + |



| Partícula de JE-053-VOR | |
|-------------------------|------------|
| Longitud (A+) | 171,428 µm |
| Anchura (B+) | 85,71 µm |
| Grosor (C+) | 16 µm |
| Peso estimado | 0,005 mg |
| Morfología | arriñonada |
| Situación área fuente | distal + |

Afloramientos del Holoceno del Grupo 5

El río Congost que sigue la dirección de aporte supuesta para los materiales del Mioceno, nace próximo a St. Cugat de Gavadons dentro de la Depresión Central Catalana y circula a través de la Cordillera Prelitoral desde Centelles hasta La Garriga donde atraviesa la falla septentrional y entra en el Mioceno. Desde Centelles a Llerona mantiene un ligero descenso de 13,2m por km, lo que supone una acción erosiva y un transporte de carácter mediano.

La longitud del río en línea recta desde su inicio hasta Llerona es de unos 28km, siendo su recorrido real de 41km. El tramo desde Centelles en línea recta es de 20km aproximadamente (Fig.89).

Los tributarios de ambos márgenes que están devastando los materiales de la Cordillera Prelitoral son los que presentan elevados porcentajes de desnivel y por tanto un mayor poder de erosión y de aporte.

Las muestras del Grupo 5 se limitaban inicialmente al afloramiento de El Falgar. Posteriormente, después de la obtención del ejemplar de oro en matriz situado en los alrededores de Can Poi, se tomaron muestras en diversos tributarios próximos a La Garriga, todos ellos con origen externo a la falla septentrional y toma de muestra en el Mioceno, el JE-008-VOR, sin presencia de oro, se estudia a nivel litológico para obtener una mejor información de conjunto.

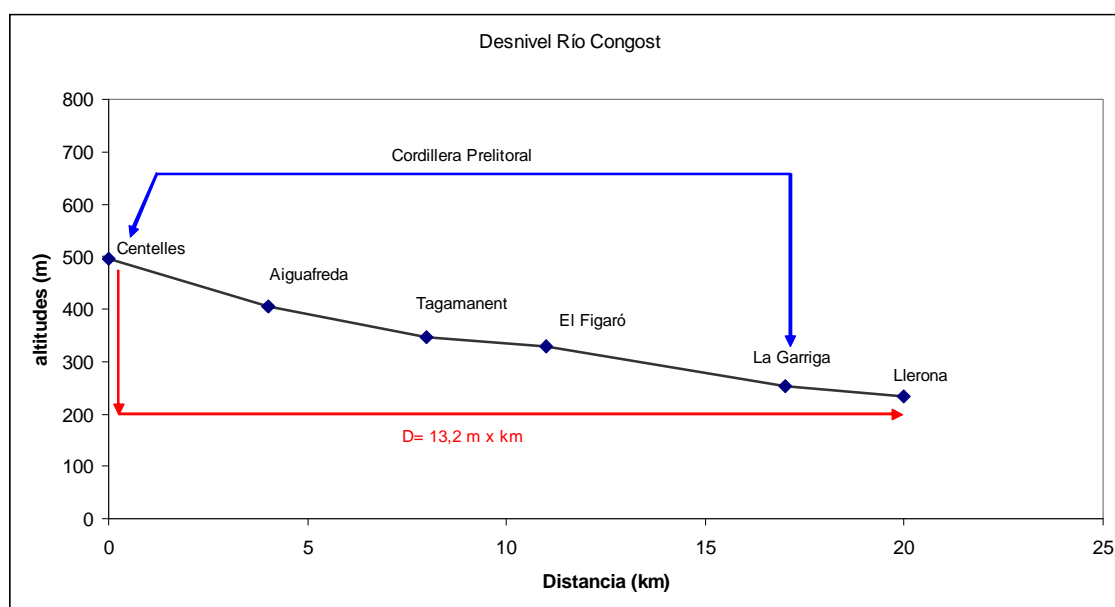


Fig.89: Representación del desnivel del río Congost desde Centelles hasta Llerona

Afloramiento JE-049-VOR (Holoceno)

Torrent de la Mesquita (parte baja)

Situación: Cauce fluvial tributario del río Congost, de origen externo a la falla septentrional y toma de muestra en el Mioceno (GRPAMI).

UTMX: 441258E - UTM Y: 4615260N

Concentración: Sistemática

Partículas de oro obtenidas: 2

Peso estimado: 0,209 mg/Tm

Afloramiento JE-050-VOR (Holoceno)

Torrent de la Mesquita (parte alta)

Situación: Cauce fluvial tributario del río Congost, de origen externo a la falla septentrional y toma de muestra en el Mioceno (GRPAMI).

UTMX: 441594E - UTMY: 4615420N

Concentración: Sistemática

Partículas de oro obtenidas: 5

Peso estimado: 0,285 mg/Tm

Afloramiento JE-052-VOR (Holoceno)

Can Pascual

Situación: Cauce fluvial tributario del río Congost, de origen externo a la falla septentrional y toma de muestra en el Mioceno (GRPAMI).

UTMX: 441934E - UTMY: 4614731N

Concentración: Sistemática

Partículas de oro obtenidas: 10

Peso estimado: 0,317 mg/Tm

Afloramiento JE-055-VOR (Holoceno)

Riera y terraza (reciente) de Malhivern.

Situación: Cauce fluvial tributario del río Congost, de origen externo a la falla septentrional y toma de muestra en el Mioceno (GRPAMI/TRR).

UTMX: 441580E - UTMY: 4614186N

Concentración: Sistemática

Partículas de oro obtenidas: 12

Peso estimado: 6,532 mg/Tm

Afloramiento JE-008-VOR (Holoceno)

Can Bosch

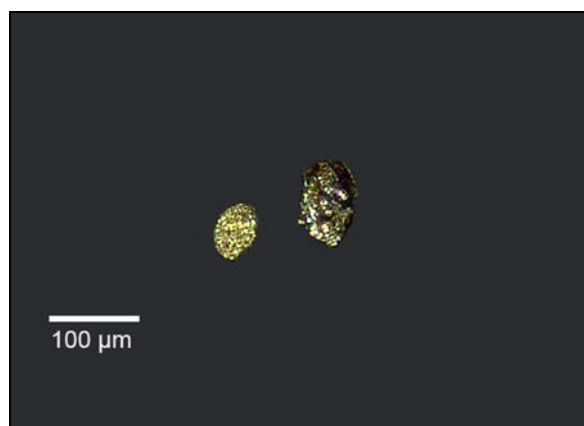
Situación: Muestra tomada en el margen derecho del río Congost. Cauce fluvial con origen externo a la falla septentrional y toma de muestra en el Mioceno (GRPAMI).

UTMX: 441288E - UTMY: 4611929N

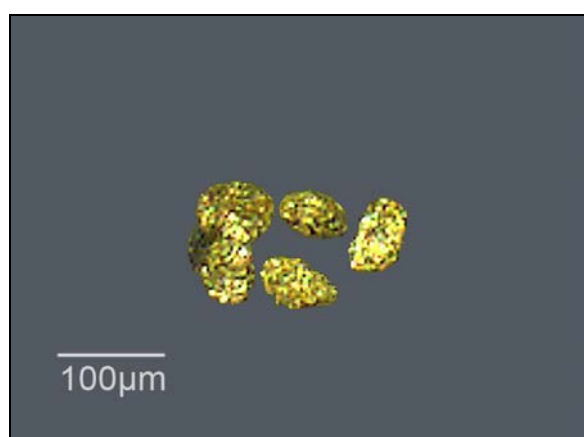
Concentración: Selectiva

Partículas de oro obtenidas: 0

Descripción morfológica y parámetros de partículas de oro seleccionadas del Holoceno



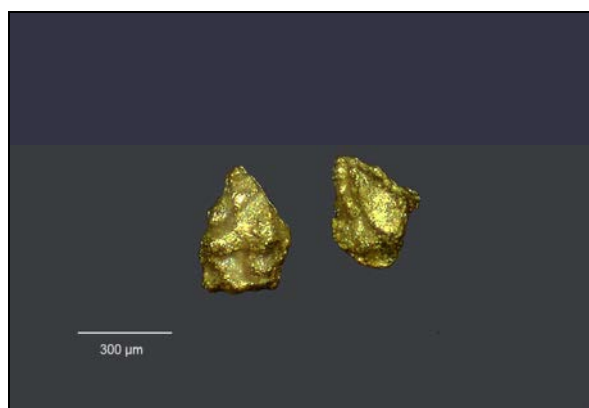
| Partículas de JE-049VOR | | |
|---------------------------|---------------|----|
| Longitud (A+) | 62,857/91,429 | μm |
| Anchura (B+) | 45,714/57,143 | μm |
| Peso estimado total (2p.) | 0,006 | mg |
| Morfología | planas | |
| Situación área fuente | distal + | |



| Partículas de JE-050VOR | | |
|---------------------------|----------|----|
| Peso estimado total (5p.) | 0,006 | mg |
| Morfología | planas | |
| Situación área fuente | distal + | |



| Partículas de JE-055VOR (>100μm) | | |
|----------------------------------|----------|----|
| Peso estimado total (10p.) | 6,532 | mg |
| Morfología | planas | |
| Situación área fuente | distal + | |



| Partículas de JE-055VOR (>300μm) | | |
|----------------------------------|-----------------|----|
| Longitud (A+) | 400,024/391,667 | μm |
| Anchura (B+) | 266,667/275,662 | μm |
| Peso estimado total (2p.) | 0,144 | mg |
| Morfología | arriñonadas | |
| Situación área fuente | distal + | |

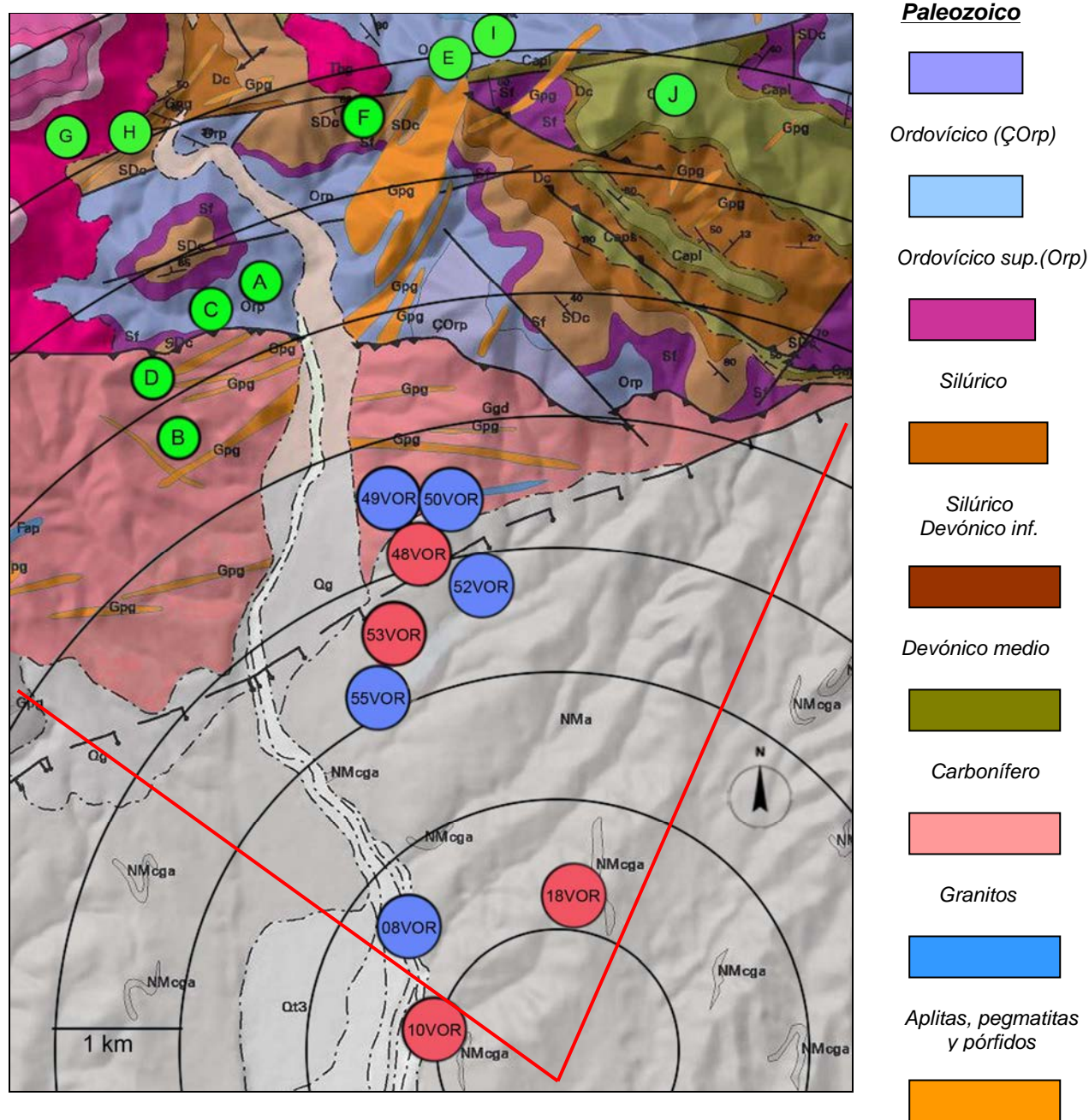


Fig.91: Esquema de situación de los materiales paleozoicos que se consideran como posibles áreas fuente (Resto leyendas del ICC/IGME-2006, 1:50.000 consultables en DVD adjunto a la tesis)



Se incorporan las tablas (51 a 54) en donde se comparan las litologías de los nueve afloramientos del Grupo 5, con las que conforman los relieves actuales (relacionadas en la cartografía geológica del ICC/IGME-2006), para poner de manifiesto las coincidencias que posibilitan su determinación como áreas fuente, y también justificar los minerales pesados que se han identificado como derivados de aquellas litologías.

Tabla 51: Litología de los relieves que conforman la Cordillera Prelitoral (zona centro del Vallès Oriental) y el Eoceno de la Depresión Central Catalana

| Relieves que conforman las posibles áreas fuente (*) | | | Rocas |
|--|-----------|--|-------------------------|
| Edad | Símbolos | Litología | |
| Ordovícico | ÇOrp | Pizarras micacíticas y Pizarras arenosas | METAMÓRFICAS (Regional) |
| Ordovícico superior | Orp | Pizarras con calcáreas, areniscas y cuarcitas | METAMÓRFICAS (Regional) |
| Silúrico | Sf | Pizarras ampelíticas, filitas y sericitas | METAMÓRFICAS (Regional) |
| Silúrico-Devónico inf. | SDc | Calcáreas nodulosas y pizarras sericíticas | METAMÓRFICAS (Regional) |
| Devónico medio | Dc | Calcoesquistos y calcáreas arcillosas | METAMÓRFICAS (Regional) |
| Carbonífero | Capl | Liditas y pizarras silíceas | METAMÓRFICAS (Regional) |
| Carbonífero | Caps | Pizarras arenosas, grauvasas y conglomerados | METAMÓRFICAS (Regional) |
| Carbonífero-Pérmico | Ggd | Granodioritas y granitos alcalinos | GRANITOS |
| Carbonífero-Pérmico | Fap | Diques de aplitas, pegmatitas y pórfidos | PEGMATITAS |
| Carbonífero-Pérmico | Gpg | Diques de pórfidos ácidos | PÓRFIDOS |
| Triásico inferior | Tbg | Alternancia de areniscas y arcillas | ARENISCAS |
| Triásico medio-superior | Tm2-Tm3 | Calcáreas micríticas y dolomias | CALCÁREAS |
| Eoceno | PE/gl/m/c | Arenas gruesas-Margas azules fosilíf-Calcáreas | ARENISCA/CALCÁREA |

(*) ICC/IGME (2006) - Leyenda del mapa geológico 1:50.000

Tabla 52: Litologías obtenidas en cada uno de los afloramientos del Grupo 5

| Litología de los aluviones % | | 10VOR | 18VOR | 48VOR | 53VOR | 08VOR | 49VOR | 50VOR | 52VOR | 55VOR |
|---|---------|--------------------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | Gravas > 3.72 mm en muestra | Metamórficas | 20 | 41 | | 69 | 46 | 12 | 10 |
| Granitos | 15 | | 16 | | | | 30 | 10 | 15 | 6 |
| Pórfidos/Aplitas | 32 | | 27 | | 17 | 14 | 44 | 41 | | 4 |
| Calcáreas | 2 | | 5 | 13 | | 18 | 2 | 14 | | 8 |
| Cuarzo | 6 | | 4 | 1 | 2 | 7 | | | 5 | 6 |
| Areniscas | 2 | | | 1 | 4 | 12 | 1 | | | 2 |
| Areniscas rojas | | | 5 | | | | | | | |
| Liditas/Chert | 3 | | 2 | | | 3 | | | | 4 |
| Microconglom. | 20 | | | | | | 3 | 11 | 5 | |
| Cuarcitas | | | | | | | | | | |
| Travert/Alterad | | | | 85 | 8 | 8 | 14 | 15 | | |
| TOTAL % | 100 | | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Gravas < 3.72 mm no en fracc. anterior | Sauló | 46 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | |
| | TOTAL % | 46 | | | | | | | | |
| Partículas de oro | | >300 | 0 | 15 | 1 | 0 | 1 | 5 | 10 | 12 |



Mioceno



Holoceno

Conclusiones: Hay una presencia mayoritaria de rocas metamórficas, granitos, pórfidos y apilitas en los sedimentos tanto del Mioceno como del Holoceno más reciente. Las litologías predominantes: Pizarras, calcoesquistos, granitos, pórfidos y apilitas corresponden al Paleozoico. Las areniscas, calcáreas, grauvacas, microconglomerados y travertinos al Triásico de la Cordillera Prelitoral y al Eoceno de la Depresión Central Catalana.

Tabla 53: Minerales pesados que pueden derivarse de cada grupo de las litologías propuestas por el ICC/IGME (2006) en el plano geológico a escala 1:50.000.

| METAMÓRFICAS | | GRANITOS | | ARENISCAS | CALCÁREAS |
|--------------|--------------|------------|-------------|------------|-------------|
| Anatasa | Fluorapatito | Anatasa | Magnetita | Baritina | Baritina |
| Andalucita | Goethita | Andalucita | Piritas ox. | Ch.apatito | Piritas ox. |
| Almandino | Grossularia | Ch.apatito | Rutilo | Circón | |
| Ch.apatito | Hematites | Circón | Titanita | Goyazita | |
| Circón | Hornblenda | Clinocloro | Turmalina | Florecita | |
| Clinocloro | Ilmenita | Cordierita | | Magnetita | |
| Cordierita | Magnetita | Corindón | | Óxidos fe. | |
| Corindón | Monacita | Diópsido | | | |
| Diópsido | Piritas ox. | Epidota | | | |
| Epidota | Rutilo | Hematites | | | |
| Espessartita | Titanita | Hornblenda | | | |
| Estaurolita | Turmalina | Ilmenita | | | |

Tabla 54: Justificación de la procedencia de los minerales pesados de los afloramientos del Grupo 5

| | | Minerales pesados identificados en los afloramientos del Grupo 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------|--|--------------|------------|---------|--------|-----------|-----------|-------------|------------|-------------|------------|-----------|-----------|------------|--------|----------|--------------|----------|------------|-----------|------------|------------|
| | | X | X | - | X | X | X | X | - | - | X | X | X | X | X | X | X | X | X | - | - | X | |
| Litología de los aluviones | | C.H. Apatito | Fluorapatito | Andalucita | Anatasa | Circón | Epidota 1 | Epidota 2 | Estaurolita | Granate Al | Granate Esp | Granate Gr | Magnetita | Óxidos Fe | Pirita ox. | Rutilo | Alunitas | Granate Andr | Ilmenita | Esfalerita | Turmalina | Hornblenda | Clinocloro |
| Gravas > 3.72 mm en muestra | Metamórficas | X | X | | X | X | X | X | | | X | X | X | X | X | X | | | | X | | X | X |
| | Granitos | X | | | X | X | X | X | | | | | X | X | X | X | | X | X | X | | X | X |
| | Pórfidos/Aplitas | X | | | X | X | X | X | | | | | X | X | X | X | | | X | | | | X |
| | Calcáreas | | | | | | | | | | | | | | X | X | | | | | | | |
| | Cuarzo | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | X | | |
| | Areniscas | X | | | | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Areniscas rojas | X | X | | | X | | | | | | | X | X | | | | X | | | | | |
| | Travert/Alterad | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gravas < 3.72 mm no en fracc. anterior | Liditas/Chert | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Sauló | X | | | X | X | X | X | | | | | X | X | X | X | | X | X | X | | X | X |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | NINGUNO | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Conclusiones:

- Los relieves preexistentes que dieron lugar a los sedimentos miocénicos tuvieron que ser como los actuales, dado que con estos podemos justificar la presencia de todos los minerales pesados que contienen aquellos.
- Con los datos obtenidos, lo más lógico es asociar las partículas de oro a las mineralizaciones que pudieron existir, así como a los filones de cuarzo asociados a las mismas. Especialmente y con mayor probabilidad las existentes al N-NE de La Garriga.

Descripción y estudio del ejemplar de oro en matriz recolectado cerca de Can Poi (La Garriga)

Este ejemplar nos ha sido facilitado por el coleccionista Sr. Jordi Gil, obtenido en una feria de intercambio, está etiquetado con la localidad de La Garriga (Can Poi) como procedente de un legado del año 1932.

Coincide en cuanto al lugar y la localidad con el ejemplar que describe Llorenç Tomàs (1919-1920) en *Els Minerals de Catalunya*, aunque no en cuanto a la matriz que lo soporta.

La obtención y estudio de este ejemplar fue determinante para que iniciásemos la recogida de muestras en algunos de los cauces fluviales tributarios del río Congost próximos a la zona, así como también dentro del Mioceno justo después de la falla septentrional.

Visión de conjunto



Oro en matriz de cuarzo (visión frontal-1)



Oro en matriz de cuarzo (visión frontal-2)



Oro en matriz de cuarzo (visión lateral)



Visión trasera: Soporte lítico de color gris-negro de aspecto carbonoso y estructura laminada.

Aspectos de detalle y análisis

Los análisis se han efectuado por EDS (Quanta-edax 32)



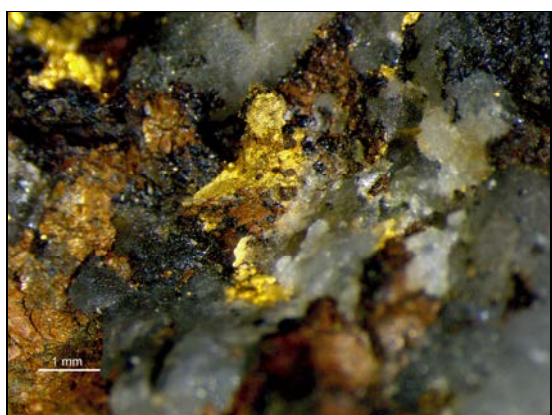
| Elemento | Wt% | At% | K-Ratio |
|----------|--------|--------|---------|
| O K | 5,71 | 37,66 | 0,0124 |
| Si K | 3,40 | 12,77 | 0,0256 |
| Ag L | 1,93 | 1,89 | 0,0114 |
| Au L | 88,96 | 47,67 | 0,8370 |
| Total | 100,00 | 100,00 | |

Agregados de cristales subhédricos de oro con formas hexaédricas dominantes. Rodeados de cuarzo.



| Elemento | Wt% | At% | K-Ratio |
|----------|--------|--------|---------|
| O K | 6,56 | 37,17 | 0,0142 |
| Al K | 0,43 | 1,46 | 0,0026 |
| Si K | 6,44 | 20,79 | 0,0478 |
| Ag L | 1,84 | 1,55 | 0,0108 |
| Au L | 84,73 | 39,02 | 0,7790 |
| Total | 100,00 | 100,00 | |

Agregados de cristales subhédricos de oro con formas hexaédricas dominantes. Rodeados de cuarzo.



| Elemento | Wt% | At% | K-Ratio |
|----------|--------|--------|---------|
| O K | 11,87 | 52,79 | 0,0271 |
| Al K | 0,69 | 1,83 | 0,0041 |
| Si K | 4,87 | 12,33 | 0,0357 |
| Ag L | 3,27 | 2,16 | 0,0200 |
| Fe K | 2,47 | 3,15 | 0,0257 |
| Au L | 76,82 | 27,74 | 0,6817 |
| Total | 100,00 | 100,00 | |

Agregados de cristales subhédricos de oro con formas hexaédricas dominantes. Acompañados de cuarzo, esfalerita y pirita oxidada.



Vista general del ejemplar



| Elemento | Wt% | At% | K-Ratio |
|----------|--------|--------|---------|
| O K | 11,87 | 27,84 | 0,0401 |
| Al K | 3,97 | 5,52 | 0,0175 |
| Si K | 13,66 | 18,24 | 0,0771 |
| S K | 4,06 | 4,75 | 0,0280 |
| K K | 3,64 | 3,49 | 0,0318 |
| Fe K | 58,62 | 39,37 | 0,5539 |
| Au L | 4,18 | 0,79 | 0,0275 |
| Total | 100,00 | 100,00 | |

Composición que corresponde a pirita oxidada con pequeñas partículas de oro y cuarzo

| Elemento | Wt% | At% | K-Ratio |
|----------|--------|--------|---------|
| O K | 6,52 | 16,86 | 0,0154 |
| Si K | 4,17 | 6,15 | 0,0206 |
| S K | 29,66 | 38,29 | 0,2111 |
| Cd L | 2,04 | 0,75 | 0,0147 |
| K K | 0,52 | 0,55 | 0,0041 |
| Fe K | 11,50 | 8,52 | 0,1142 |
| Zn K | 45,59 | 28,87 | 0,4193 |
| Total | 100,00 | 100,00 | |

Esfalerita (con contenido de Fe) y cuarzo.

El ejemplar tiene un tamaño de 57x53x50mm. Se trata de un fragmento de cuarzo criptocristalino que presenta una base de pizarra carbonosa de color gris-negro. Los minerales que incluye son:

- Oro: Diseminado mayormente en la parte superior de la muestra se presenta como agregados de cristales subhédricos con formas hexaédricas dominantes. Su contenido en plata (Ag) no supera el 2,16(A%).

- Esfalerita: Cristales subhédricos en general. Su contenido en hierro (Fe), de considerarlo en forma individual, estaría alrededor de 24%, lo que supone una temperatura de formación relativamente alta ($\approx 500^{\circ}\text{C}$). Presenta como suele ser habitual una pequeña proporción de cadmio (Cd).

- Pirita oxidada: La composición de la zona de color marrón de la muestra básicamente se corresponde a la que hemos encontrado en los análisis DRX de las piritas oxidadas (desaparición total o casi total del azufre y oxidación, dando lugar a goethita y hematites). Hemos de añadir en esta zona la presencia de cuarzo y pequeños cristales de oro diseminados.

Las pequeñas proporciones de potasio (K) pueden corresponder a arcillas de alteración como la Illita.

Conclusiones

El ejemplar que hemos estudiado, posee unas características que nos permiten afirmar casi con toda seguridad que puede corresponder a la localidad que figura en su etiqueta (La Garriga).

Para una mayor precisión serían necesarios unos análisis no destructivos (fluorescencia de Rx) más puntuales y precisos.

Queda abierto un frente de investigación a realizar con posterioridad a esta tesis, que puede aportar datos de interés sobre el origen y las condiciones de formación del oro en esta zona.

4.1.12.- Óxidos e hidróxidos de hierro

En este capítulo se exponen inicialmente las propiedades físico-químicas y las características morfológicas generales de cada uno de los óxidos e hidróxidos de hierro que se han obtenido de los sedimentos del Mioceno y de la fracción arena del Holoceno más reciente.

Minerales identificados: Magnetita, Wustita, Esférulas magnéticas, Goethita y Hematites

| Propiedades y características | Magnetita | Wustita | Goethita | Hematites |
|-------------------------------------|--|--------------------------|--|-------------------------------|
| Densidad | 5,17-5,20 | 5,88-5,97 | 4,18-4,28 | 5,25-5,26 |
| Dureza | 5,5-6,5 | 5 | 5-5,5 | 5-6 |
| Cristalografía | Cúbico | Cúbico | Ortorrómico | Hexagonal |
| Formas | Octaedros o rombododecaedros En masas o recubrimientos. | Microesférulas | Agregados aciculares y formas botridas | Prismas Tabular Masas compact |
| Fractura | Subconcoidea a irregular | Subconcoidea a irregular | desigual | Concoidea a desigual |
| Color | Gris a Negro | Negro a marrón | Pardo rojizo | Gris acero a rojo oscuro |
| Diafanidad | Opaco | Opaco | Opaco | Traslúcido a opaco |
| Brillo | Metálico a submetálico y mate | Metálico a submetálico | Submetálico débil a sin brillo | Metálico intenso a mate |
| Grado de estabilidad | Estable | Estable | Estable como product secund | Estable |
| Resistencia a la alteración química | Alta | Alta | Baja | Muy alta |
| Capacidad de migración | Media | Media | Media | Alta |
| Susceptibilidad magnética | Ferromagnético | Ferromagnético | 0,10 a 0,80A. | De Ferromag. hasta 0,30A |

Composición química

| Mineral | Fórmula tipo - (posibles sustituciones) | Fórmula empírica | Composición | |
|-----------|--|--|-------------------------------|--|
| | | | A% | Wt% |
| Magnetita | XY_2O_4 $X = Fe^{2+} (Mg^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+}, Ti^{2+}, Ni^{2+}, Co^{2+})$ $Y = Fe^{3+} (Al^{3+}, Cr^{3+}, V^{3+}, Mn^{3+})$ | $Fe^{2+}Fe^{3+}_2O_4$ | 72,36 Fe 27,64 O | 31,03 FeO 68,97 Fe ₂ O ₃ |
| Wustita | XO $X = Fe^{2+} (Mg^{2+}, Mn^{2+}, Zn^{2+})$ | $Fe^{2+}O$ | 77,73 Fe 22,27 O | 100 FeO |
| Esférulas | Wustita con cantidad variable de magnetita | $Fe^{2+}O$ (+) $Fe^{2+}Fe^{3+}_2O_4$ | variable | variable |
| Goethita | $\alpha-Fe^{3+}O(OH) (Mn^{3+}, Mn^{3+})$ | $Fe^{3+}O(OH)$ | 62,85 Fe 1,13 H 36,01 O | 89,86 Fe ₂ O ₃ 10,14 H ₂ O |
| Hematites | $\alpha-Fe_2O_3 (Mn^{3+}, Ti^{3+})$ | Fe_2O_3 | 69,94 Fe 30,06 O | 100 Fe ₂ O ₃ |

Análisis correspondientes a localidades tipo

| | (1) Magnetita | | | (2) Wustita | | | (3) Goethita | | | (4) Hematites | | |
|-----------------------------|---------------|---|--------------------------------|-------------|---|--------------------------------|--------------|---|--------------------------------|---------------|---|--------------------------------|
| | Ox% | | | Ox% | | | Ox% | | | Ox% | | |
| Aluminio | 0,44 | % | Al ₂ O ₃ | 0,01 | % | Al ₂ O ₃ | - | % | Al ₂ O ₃ | - | % | Al ₂ O ₃ |
| Hierro(2+) | 31,21 | % | FeO | 99,57 | % | FeO | - | % | FeO | 1,29 | % | FeO |
| Hierro (3+) | 67,16 | % | Fe ₂ O ₃ | - | % | Fe ₂ O ₃ | 89,65 | % | Fe ₂ O ₃ | 98,14 | % | Fe ₂ O ₃ |
| Silicio | 0,11 | % | Si O ₂ | 0,14 | % | Si O ₂ | 0,36 | % | Si O ₂ | - | % | Si O ₂ |
| Magnesio | 0,02 | % | MgO | 0,02 | % | MgO | - | % | MgO | - | % | MgO |
| Titanio | 0,29 | % | TiO ₂ | 0,01 | % | TiO ₂ | - | % | TiO ₂ | - | % | TiO ₂ |
| Manganeso (2 ⁺) | 0,09 | % | MnO | 0,09 | % | MnO | - | % | MnO | 0,38 | % | MnO |
| Manganeso (3 ⁺) | - | % | Mn ₂ O ₃ | - | % | Mn ₂ O ₃ | - | % | Mn ₂ O ₃ | 0,54 | % | Mn ₂ O ₃ |
| Calcio | - | % | CaO | - | % | CaO | - | % | CaO | - | % | CaO |
| Cromo | 0,08 | % | Cr ₂ O ₃ | 0,03 | % | Cr ₂ O ₃ | - | % | Cr ₂ O ₃ | - | % | Cr ₂ O ₃ |
| Hidrógeno | - | % | H ₂ O | - | % | H ₂ O | 10,19 | % | H ₂ O | - | % | H ₂ O |
| Totales | 99,40 | % | | 99,87 | % | | 100,20 | % | | 100,35 | % | |

(1) Meier's Find, Western Australia; (2) Meteorito Pampa del Infierno; (3) El Paso Co., Colorado (USA); (4) Franklin, Sussex Co., New Jersey (USA).

Fuente de la información: Mineral Data Publishing

Análisis y descripción de las partículas obtenidas en los distintos afloramientos

Daremos prioridad al estudio de su susceptibilidad electromagnética, que junto a la composición química es la propiedad más determinante para su identificación, separación y el cálculo de los porcentajes de participación de cada uno de ellas. Algunas como la magnetita y la wustita son claramente ferromagnéticas y otras en función de su grado de alteración pueden ser atraídas dentro de un amplio entorno de rangos.

Se ha de tener en cuenta que algunos minerales ferromagnéticos (atraídos por un imán) como la magnetita, la wustita y las magnetitas con principio de alteración a hematites, también son magnetopolares (pueden mantener durante bastante tiempo sus propiedades magnéticas, convirtiéndose en verdaderos imanes). Es por tanto que dentro de la fracción ferromagnética algunos de ellos pueden actuar como imanes naturales y atraer partículas de otros óxidos de hierro como hematites y ocasionalmente goethita limonitizada, que normalmente necesitarían de un mayor valor de campo electromagnético para ser atraídas (Tabla 1).

Tabla 1: Distribución (promedio estimado) de las partículas de óxidos e hidróxidos de hierro de los afloramientos de la zona de estudio en cada rango de susceptibilidad magnética.

X: exclusiva o mayor concentración - X: Presencia superior al 8%

| Mineral | Susceptibilidad magnética | | | | |
|-----------|---------------------------|----------------|-------|-------|-------|
| | Ferromagnéticos | Paramagnéticos | | | |
| | | 0,10-0,15A | 0,30A | 0,45A | 0,80A |
| Magnetita | X | X | | | |
| Wustita | X | | | | |
| Esférulas | X | | | | |
| Goethita | | X | X | X | X |
| Hematites | X | X | X | | |

Análisis y morfología de las partículas ferromagnéticas

Esta fracción plantea dificultades a la hora de identificar y evaluar visualmente la proporción de sus componentes. Dejando aparte las formas idiomórficas de las magnetitas y las esférulas, el resto de partículas pueden corresponder a magnetitas en proceso de alteración, hematites, o a otros óxidos metálicos que no presenten formas claras para su identificación, como algunas ilmenitas férricas.

También se ha de tener en cuenta que algunas partículas que deberían estar presentes en esta fracción, debido a su grado de alteración, pasan a rangos electromagnéticos superiores a 0,10A.

Por otra parte, por este procedimiento de identificación, no es posible evaluar la proporción de otros minerales que como matriz (feldespatos, cuarzo, serpentinas, arcillas varias, etc..) están unidos a los ferromagnéticos.

En las (Figs.1 a 4) se exponen imágenes de esta fracción. En la (Tabla 1) y las (Figuras: 5 a 9) los resultados de los análisis EDS e imágenes SEM de algunas partículas junto a sus espectros correspondientes.

El estudio de las esférulas se presenta aparte dentro de este mismo capítulo.

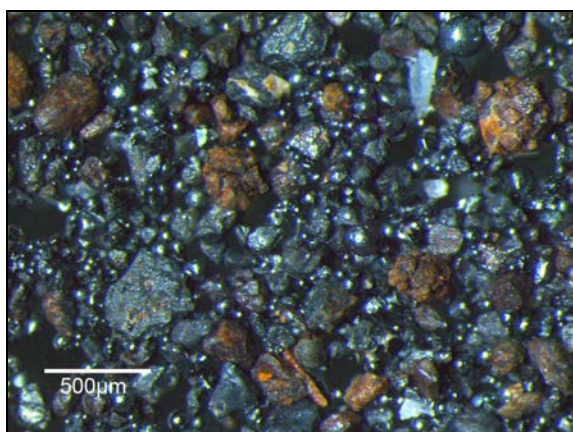


Fig. 1: Fracción ferromagnética donde se observan esférulas, partículas de magnetita y de hematites.

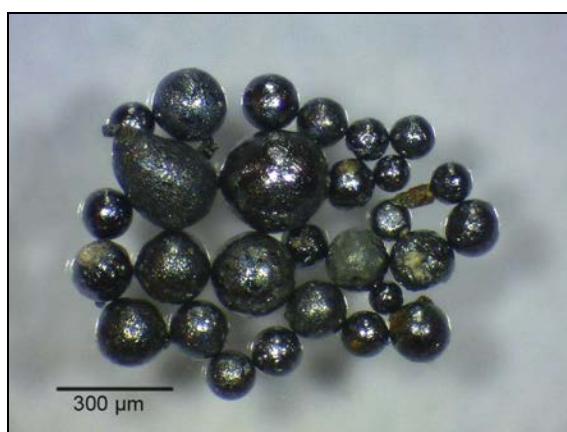


Fig. 2: Esférulas de distintos tamaños correspondientes a la fracción ferromagnética.

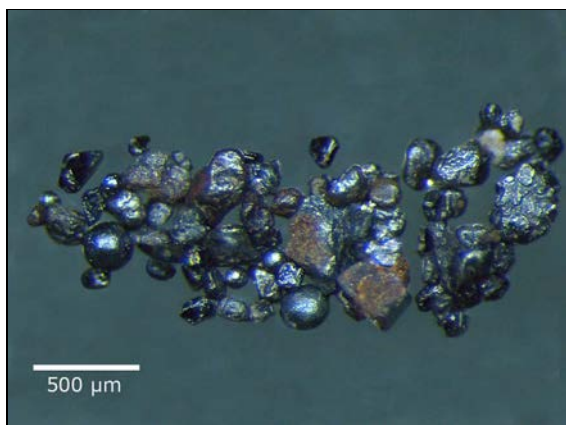


Fig. 3: Fracción ferromagnética donde se han seleccionado esférulas, partículas de magnetita y hematitas alteradas



Fig. 4: Fracción ferromagnética donde se han seleccionado formas octaédricas de magnetita.

Se ha procurado que todas las partículas seleccionadas para su análisis fuesen lo más monominerales posibles, para evitar al máximo la presencia de elementos que no forman parte de la composición del mineral analizado.

Tabla 1: Resultados de los análisis EDS de las partículas seleccionadas

| Elementos | Partículas de minerales ferromagnéticos | | | | |
|-------------------|---|---------|---------|---------|------------|
| | SPR-612 | SPR-615 | SPR-616 | SPR-617 | JE-004-VOR |
| Composición en A% | | | | | |
| O K | 57,33 | 47,00 | 62,01 | 53,26 | 70,17 |
| Na K | 0,42 | | | | |
| Mg K | 0,64 | | 0,72 | | |
| Al K | 0,86 | | 2,49 | | |
| Si K | 3,53 | 0,44 | 2,95 | 3,07 | 0,39 |
| K K | | | | | 0,15 |
| Ca K | 0,37 | | 0,28 | 0,26 | 0,20 |
| Ti K | | | | | |
| Fe K | 36,85 | 51,71 | 31,22 | 43,41 | 27,69 |
| Mn K | | 0,86 | 0,33 | | 1,41 |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

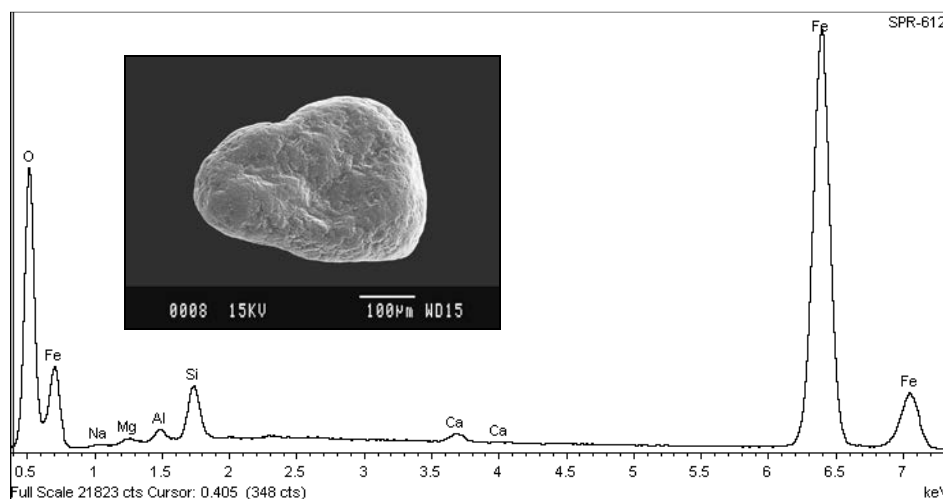


Fig.5: Espectro EDS e imagen SEM de la partícula de magnetita SPR-612, que presenta forma subredondeada y corresponde al afloramiento JE-004-GA

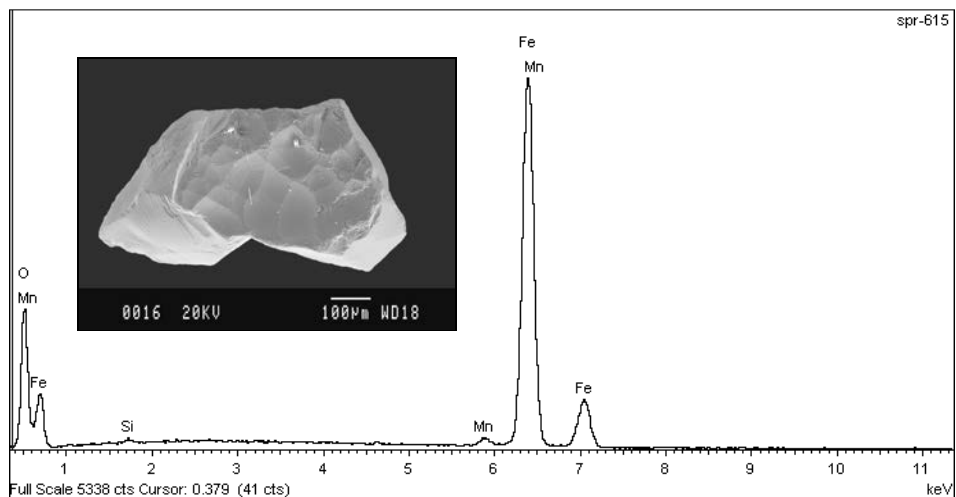


Fig.6: Espectro EDS e imagen SEM de la partícula de magnetita SPR-615, que presenta forma angular y corresponde al afloramiento JE-004-GA

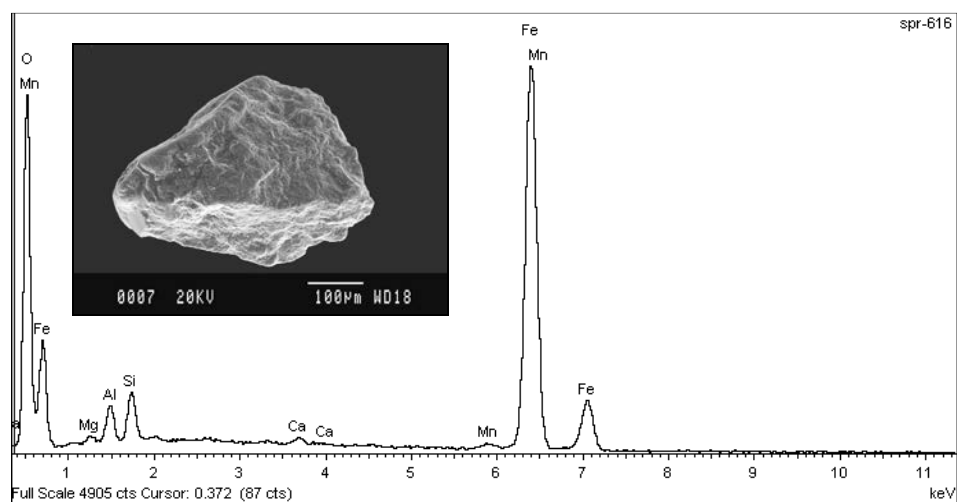


Fig.7: Espectro EDS e imagen SEM de la partícula de magnetita SPR-616, que presenta forma subangular y corresponde al afloramiento JE-004-GA

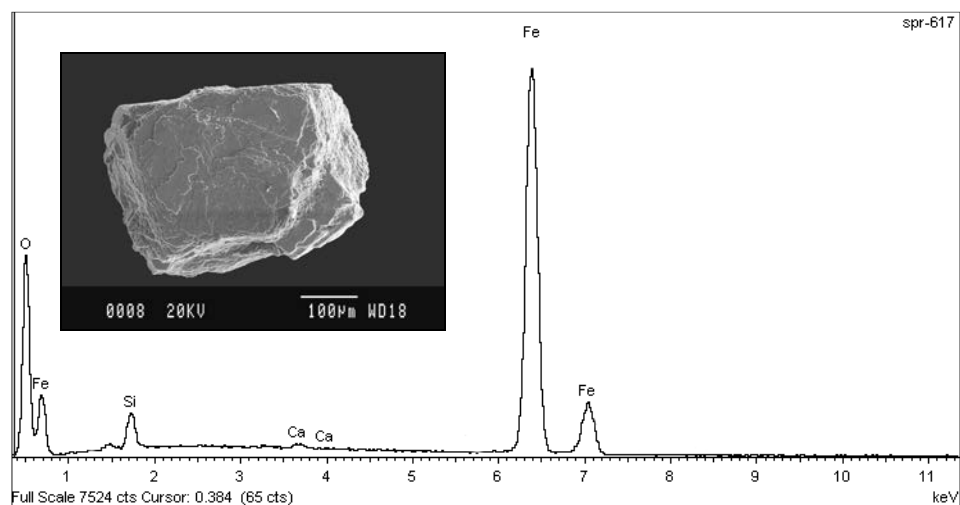


Fig.8: Espectro EDS e imagen SEM de la partícula de magnetita SPR-617, que presenta forma angular y corresponde al afloramiento JE-004-GA

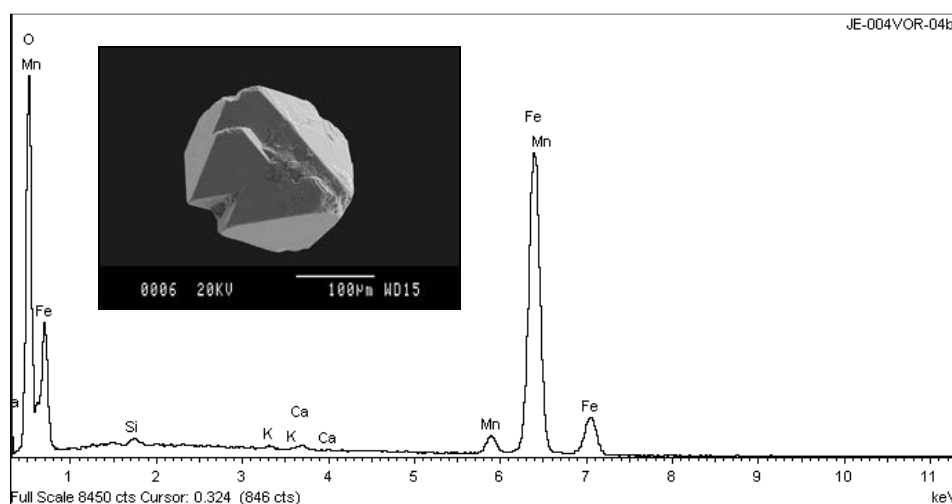


Fig.9: Espectro EDS e imagen SEM de la partícula euédrica de magnetita 004VOR-04, que presenta forma octaédrica y corresponde al afloramiento JE-004-GA

Análisis por DRX de la fracción ferromagnética

Se separan las fracciones ferromagnéticas de los afloramientos JE-035-VOR (Mioceno de Vilalba Sasserra) y JE-012-AP (Mioceno del Pas de les Piles). Se identifican los minerales que la componen y se estima su porcentaje por los procedimientos expuestos en el capítulo de metodología. Para una mayor precisión y conocer cuales son los minerales que los acompañan como matriz o recubrimiento se procede a su análisis por DRX (Figs. 10-11).

Identificación y estimación del porcentaje de ferromagnéticos del afloramiento JE-035-VOR

- 42% Magnetita: Partículas euédricas y xenomorfas. Muy pocas esféricas
- 14% Hematites y Goethitas alteradas
- 10% Ilmenitas
- 34% Minerales ligeros acompañantes. Bastante abundantes

Identificación y estimación del porcentaje de ferromagnéticos del afloramiento JE-012-AP

- 45% Magnetita: Partículas euédricas y xenomorfas
- 12% Esféricas magnéticas
- 17% Hematites y Goethitas alteradas
- 26% Minerales ligeros acompañantes. Bastante abundantes

Estos porcentajes se han obtenido contando en la fracción ferromagnética (*separada con un imán de las partículas de tamaño igual o inferior a 1 milímetro resultantes de la concentración por Knelson+batea y que posteriormente no se somete a más clasificación granulométrica*), en grupos de 100, el número de partículas de cada mineral ferromagnético. Son por tanto porcentajes en número de partículas.

Para poder comparar estos resultados con los obtenidos por DRX (% en peso) (Fig.10 -11), efectuaremos de forma estimada la transformación de nuestros porcentajes a valores en peso, teniendo en cuenta la densidad de cada uno de los minerales, suponiendo una forma esférica y un tamaño de grano igual para todas las partículas.

Los nuevos valores obtenidos se relacionan en la *Tabla 2*.

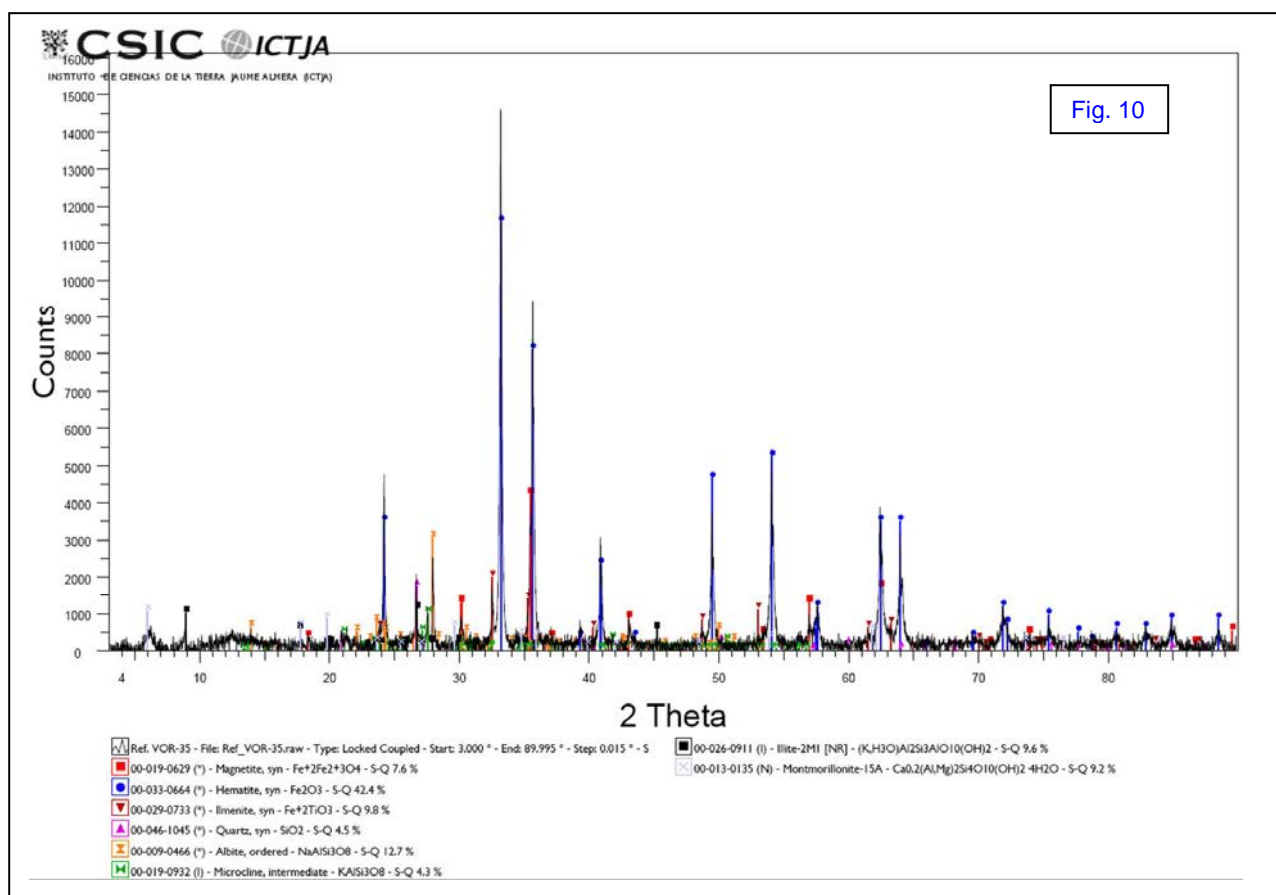
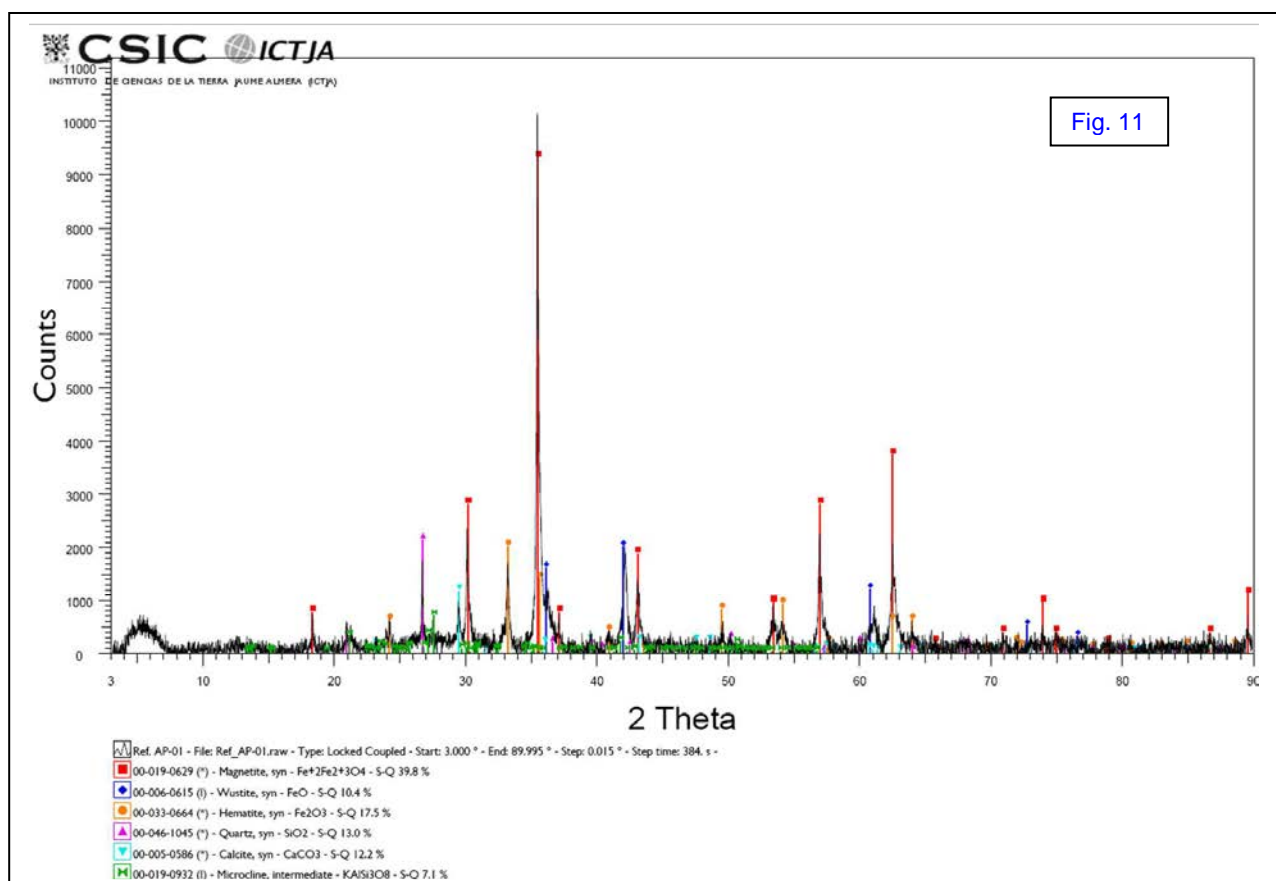


Fig. 10: Difractograma correspondiente al conjunto de partículas que componen la fracción ferromagnética del afloramiento JE-035-VOR (Mioceno de Vilalba Sasserra). Fig 11: Difractograma correspondiente al afloramiento JE-012-AP.



En el difractograma de la muestra JE-035-VOR el porcentaje mayoritario corresponde a hematites, muy por encima de la magnetita. La matriz es de albita, microclina y cuarzo. Las arcillas son illita y montmorillonita. Es normal la presencia de ilmenita Fe.

En el difractograma de la muestra JE-012-AP el porcentaje mayoritario corresponde a magnetita junto a wustita (mineral habitual en la composición de las esférulas como se describe al final de este capítulo). Las hematites están bien representadas y los elementos ligeros corresponden a cuarzo, calcita i microclina. Las arcillas deben estar en porcentajes bastante inferiores al 5% pues no se han detectado.

Tabla 2: Comparación de los resultados obtenidos por observación estereomicroscópica y por DRX

| Mineral | % en nº de partículas | | % estimado en peso | | % en peso (DRX) | |
|----------------------------------|-----------------------|--------------|--------------------|--------------|-----------------|--------------|
| | Afloramiento | | | | | |
| | JE-VOR-35 | JE-012-AP | JE-VOR-35 | JE-012-AP | JE-VOR-35 | JE-012-AP |
| Magnetita | 42,0 | 45,0 | 51,6 | 52,4 | 7,6 | 39,8 |
| Esférulas magnéticas | | 12,0 | | 14,0 | | |
| Wustita | | | | | | 10,4 |
| Hematites y Goethitas alteradas | 14,0 | 17,0 | 15,8 | 18,1 | 42,4 | 17,5 |
| Total óxidos e hidróxidos | 56,0 | 74,0 | 67,4 | 84,5 | 50,0 | 67,7 |
| Ilmenitas | 10,0 | | 11,2 | | 9,8 | |
| Otros (matrices ligeras) | 34,0 | 26,0 | 21,4 | 15,5 | 40,2 | 32,3 |
| Totales | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 | 100,0 |

Conclusiones

- Observando los valores obtenidos, se pone de manifiesto la dificultad existente a la hora de diferenciar las partículas de magnetita que no presentan su forma externa (octaedros y esférulas), de las de hematites o goethitas alteradas, existiendo una tendencia a sobrevalorar las primeras.
- Hay que tener en cuenta que no todas las partículas son monominerales y por tanto algunas van acompañadas con su matriz y arcillas de alteración.
- La cantidad de minerales ligeros que se encuentran junto a las partículas ferromagnéticas, son en general muy superiores a lo que se observa y se estima (De visu).
- Se demuestra que los análisis por DRX o DRX (Rietveld) son de mayor precisión para cuantificar la composición mineralógica de la fracción ferromagnética.

Microesférulas magnéticas

Las microesférulas son partículas microscópicas esféricas con diámetros menores de 2 mm, generalmente en el rango de centenares de micras, constituidas principalmente por material mineral (Figs. 12-13). Las consideraremos como microesferulitos solo cuando estén formadas en procesos físico-químicos naturales, sin contribución de actividad biológica (aunque en medios sedimentarios acuosos esta contribución podría ser posible), ni intervención humana.

Antes de plantear algunas hipótesis sobre el origen de estas partículas que encontramos con cierta abundancia en la fracción ferromagnética de los minerales pesados del Mioceno y del Holoceno más reciente de nuestra zona de estudio, expondremos las características morfológicas y los resultados obtenidos de los análisis químicos.

Se analizan por SEM/EDS esférulas como las de la figura 2 y posteriormente con un conjunto de ellas se han confeccionado cuatro probetas pulidas y carbonizadas para ser procesadas,

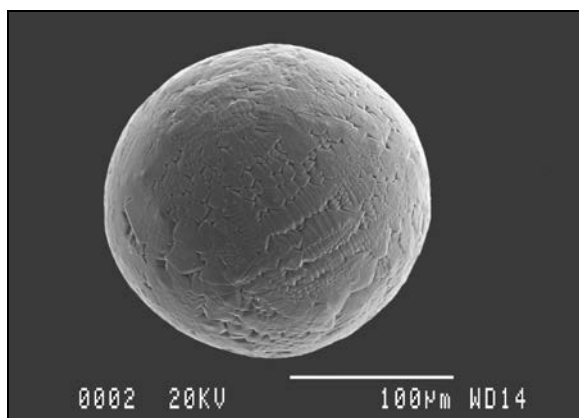


Fig.12: Esférula SPR-611 correspondiente al afloramiento JE-004-GR

Resultados EDS en A%: (O: 58,11 / Mn: 0,29 / Fe: 41,60)

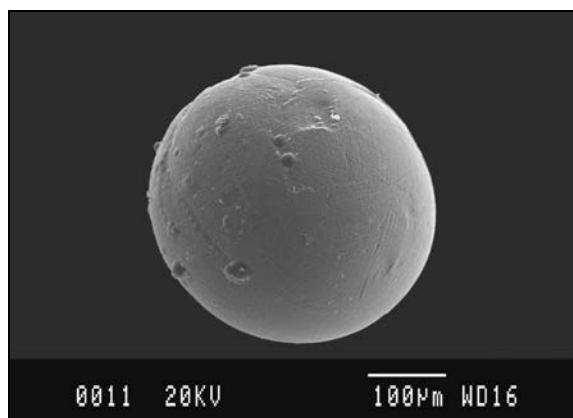
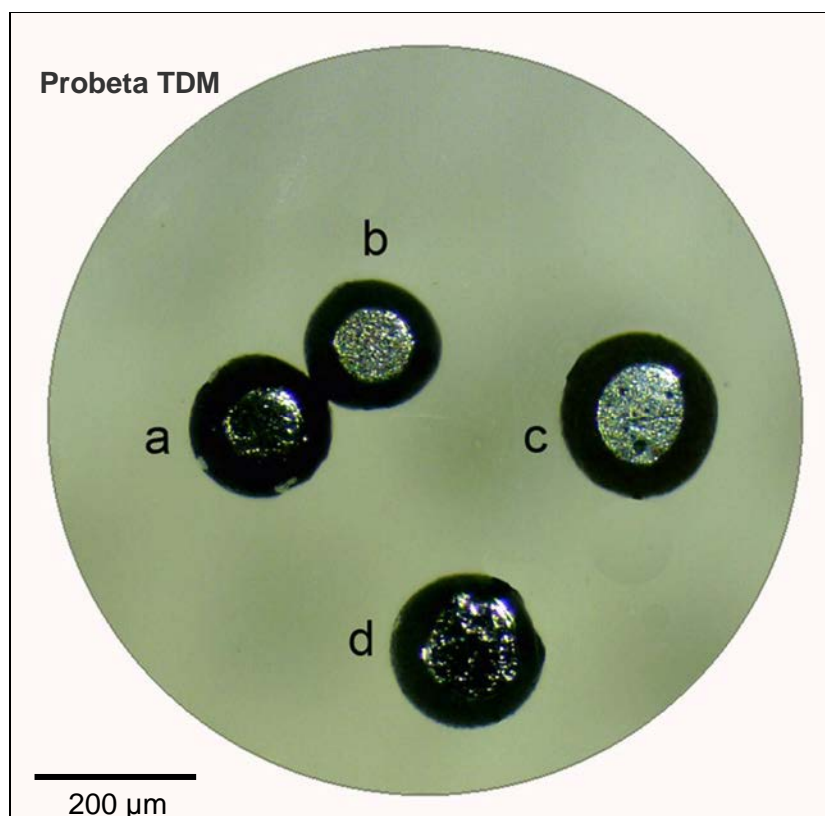


Fig.13: Esférula VP-4 correspondiente al afloramiento JE-001-AN

Resultados EDS en A%: (O: 55,53 / Fe: 44,47)

Probeta TDM

Afloramiento JE-042-VOR
Sta. M^a de Palautordera - La Serra
Holoceno del Río Tordera
Nº de esférulas: 4 (a-b-c-d)
Puntos de análisis en Figs. 14-15-16-17



Esférulas y puntos de análisis de la probeta TDM (Imágenes SEM)

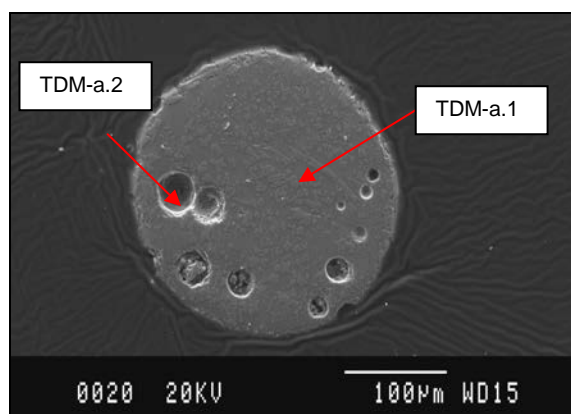


Fig.14: TDM-a.1 corresponde al fondo oscuro de la esférula. TDM-a.2 al reborde blanquecino de las vacuolas. TDM-a.0 al conjunto de la esférula.

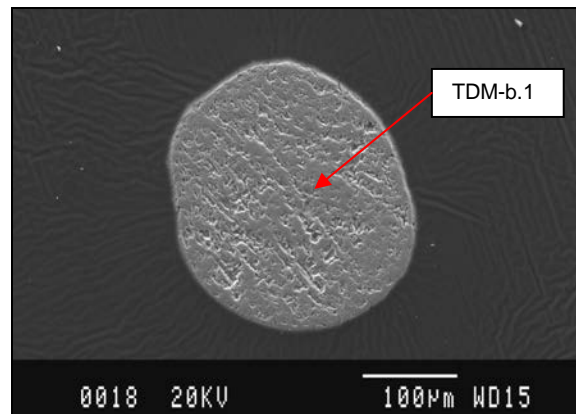


Fig.15: TDM-b.1 corresponde a un análisis puntual de la esférula. TDM-b.0 al conjunto de la esférula.

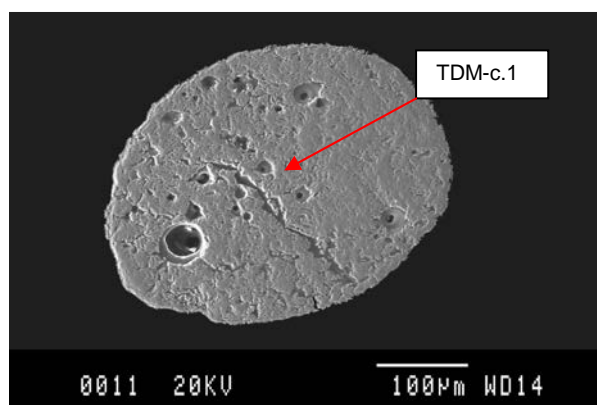


Fig.16: TDM-c.1 corresponde a un análisis puntual de la esférula. TDM-c.0 al conjunto de la esférula.

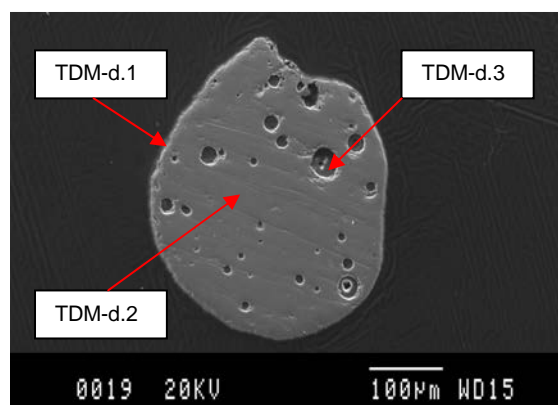


Fig.17: TDM-d.1 corresponde al borde de la esférula. TDM-d.2 al centro. TDM-d.3 al fondo de la vacuola. TDM-d.0 al conjunto de la esférula.

Resultados de los análisis EDS de las esférulas de la probeta TDM

| Elementos | Probeta TDM | | | | | | | | | | |
|-----------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Afloramiento JE-042-VOR (HOLOCENO) | | | | | | | | | | |
| | a.0 | a.1 | a.2 | b.0 | b.1 | c.0 | c.1 | d.0 | d.1 | d.2 | d.3 |
| O K | 46,24 | 44,62 | 46,10 | 45,04 | 46,85 | 49,24 | 53,40 | 42,82 | 51,77 | 43,71 | 41,58 |
| Mg K | 1,85 | 0,45 | 7,15 | | | | | | 0,19 | | |
| Al K | 4,38 | 4,56 | | | | | | 0,64 | 0,47 | 0,94 | |
| Si K | 6,82 | 8,64 | 0,54 | 0,79 | 0,15 | 1,66 | | 2,57 | 6,20 | 5,30 | 54,90 |
| K K | | | | | | | | 0,18 | | 0,35 | |
| Ca K | 15,12 | 20,87 | 1,38 | | | | | 0,34 | 0,06 | 0,68 | |
| Ti K | 0,26 | 0,37 | | | | | | 0,15 | 0,11 | 0,17 | |
| Cr K | 0,80 | 0,17 | 4,14 | | | | | | 0,06 | | |
| Mn K | 2,02 | 1,14 | 3,82 | | 0,09 | 0,13 | 0,24 | 0,38 | 0,23 | 0,39 | |
| Fe K | 22,17 | 19,06 | 32,96 | 54,17 | 52,91 | 48,97 | 46,36 | 52,93 | 40,90 | 48,33 | 3,52 |
| Zn K | 0,33 | 0,14 | 0,96 | | | | | | | | |
| Br L | | | 2,95 | | | | | | | | |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Probeta ANG

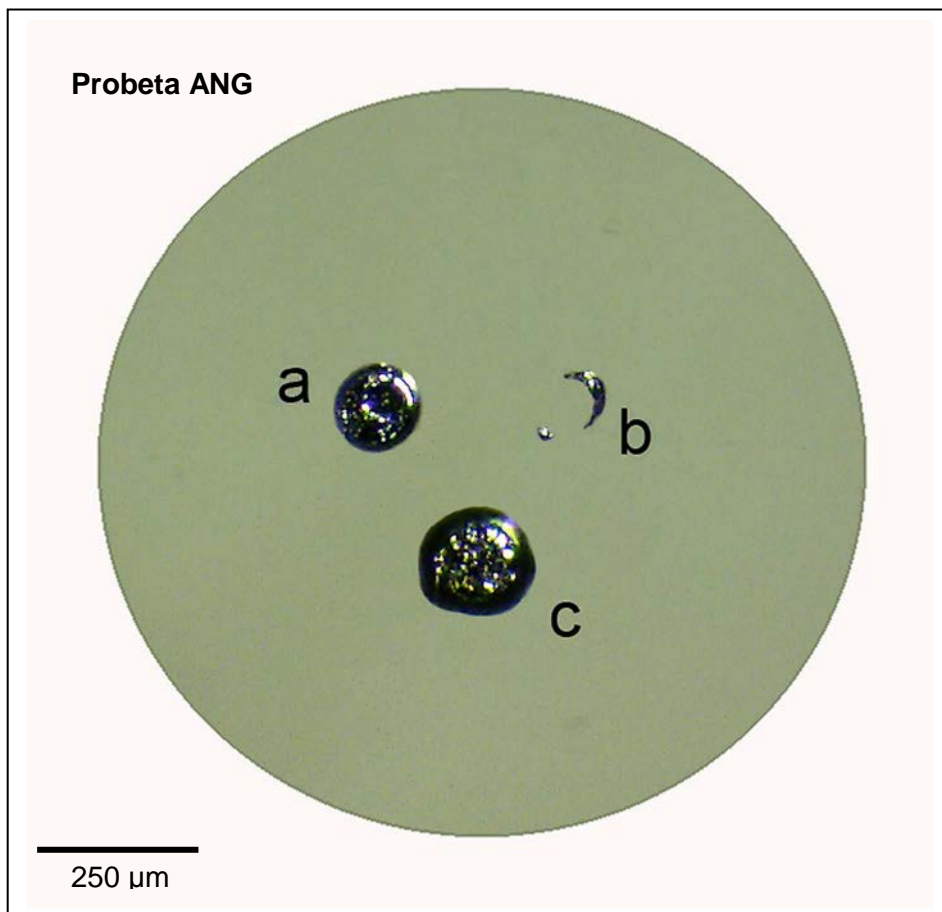
Afloramiento JE-004-NA

Pont de Capellades (Vallbona d'Anoia)

Arenas a pie de granito alterado

Nº de esférulas: 3 (a-b-c) - (b poco visible no se analiza)

Puntos de análisis en Figs. 18-19



Esférulas y puntos de análisis de la probeta ANG (Imágenes SEM)

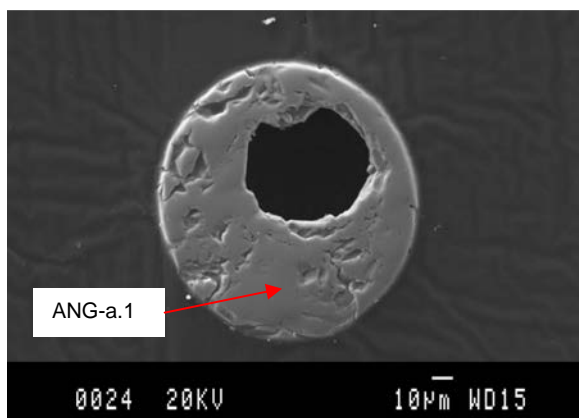


Fig.18: ANG-a.1 corresponde a un análisis puntual de la esférula. ANG-a.0 al conjunto de la esférula.

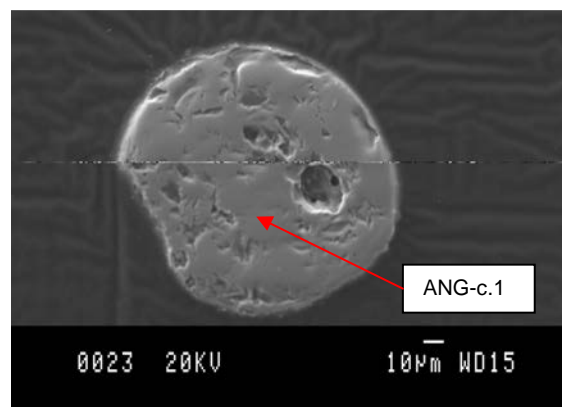


Fig.19: ANG-c.1 corresponde a un análisis puntual de la esférula. ANG-c.0 al conjunto de la esférula.

Resultados de los análisis EDS de las esférulas de la probeta ANG

| Elementos | Probeta ANG | | | |
|-----------|-----------------------------------|--------|--------|--------|
| | Afloramiento JE-004-AN (HOLOCENO) | | | |
| | a.0 | a.1 | c.0 | c.1 |
| O K | 42,16 | 42,42 | 45,88 | 46,26 |
| Mg K | | | | |
| Al K | 0,17 | | 0,14 | |
| Si K | 1,97 | 0,18 | 1,39 | 0,14 |
| K K | | | | |
| Ca K | | | | |
| Ti K | | | | |
| Cr K | 0,11 | 0,08 | | |
| Mn K | 0,27 | 0,29 | 0,15 | 0,17 |
| Fe K | 55,32 | 57,03 | 52,44 | 53,43 |
| Zn K | | | | |
| Br L | | | | |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

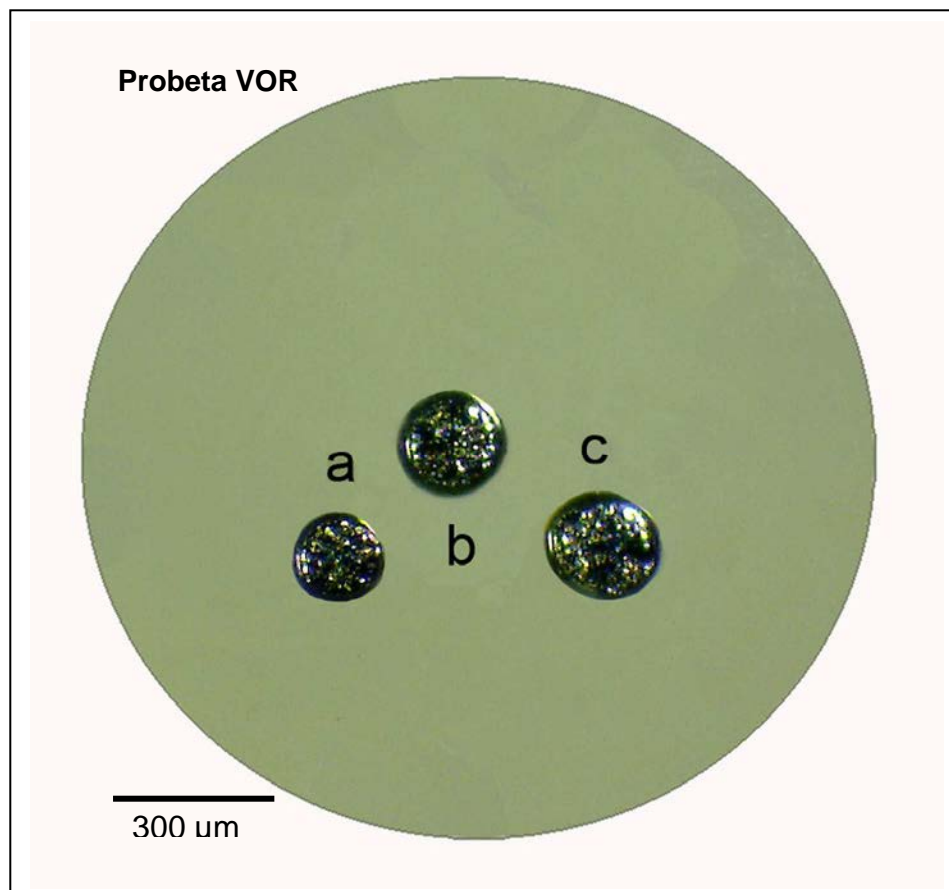
Probeta VOR

Afloramiento JE-044-VOR (Vilalba Sasserra- Canada Parc)

Arenas a pie de granodiorita alterada

Nº de esférulas: 3 (a-b-c)

Puntos de análisis en *Figs. 20-21-22*



Esférulas y puntos de análisis de la probeta VOR (Imágenes SEM)

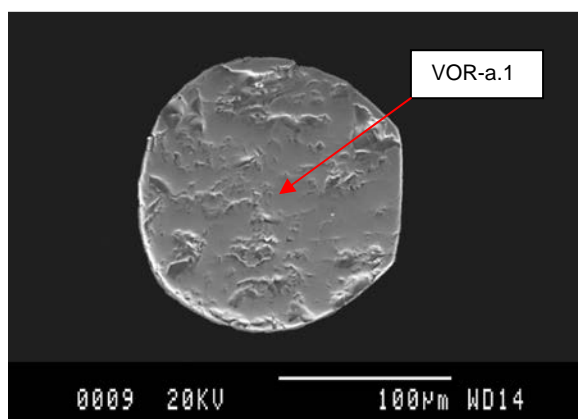


Fig.20: VOR-a.1 corresponde a un análisis puntual de la esférula. VOR-a.0 al conjunto de la esférula.

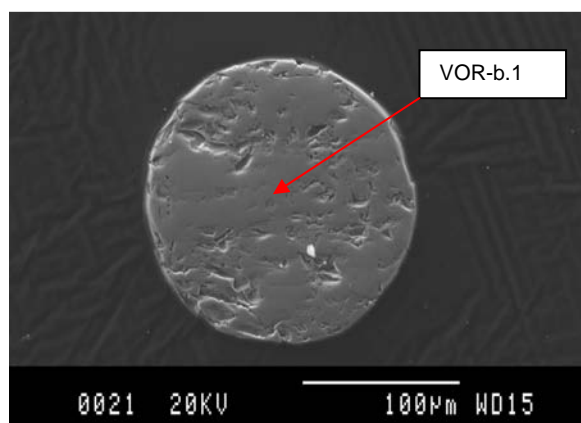


Fig.21: VOR-b.1 corresponde a un análisis puntual de la esférula. VOR-b.0 al conjunto de la esférula.

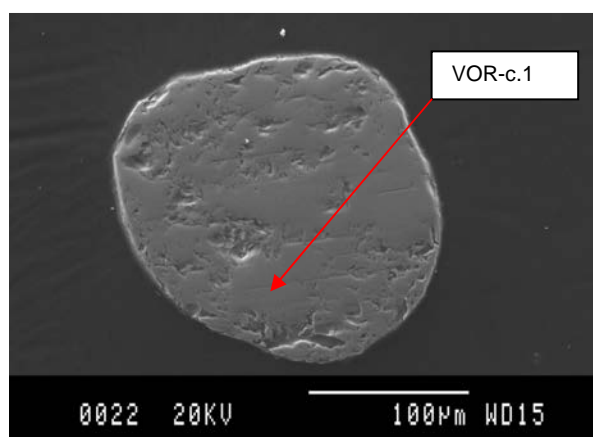


Fig.22: VOR-c.1 corresponde a un análisis puntual de la esférula. VOR-c.0 al conjunto de la esférula.

Resultados de los análisis EDS de las esférulas de la probeta VOR

| Elementos | Probeta VOR | | | | | |
|-----------|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Afloramiento JE-044-VOR (HOLOCENO) | | | | | |
| | a.0 | a.1 | b..0 | b.1 | c.0 | c.1 |
| O K | 37,65 | 36,57 | 46,23 | 45,73 | 36,03 | 46,88 |
| Mg K | | | | | | |
| Al K | | | | | 0,30 | 0,20 |
| Si K | | | 0,60 | 0,37 | 2,04 | 0,19 |
| K K | | | | | | |
| Ca K | | | | | | |
| Ti K | | | | | 0,06 | |
| Cr K | 0,10 | 0,15 | 0,07 | | 0,09 | |
| Mn K | 0,65 | 0,63 | 0,54 | 0,57 | 0,61 | 0,54 |
| Fe K | 61,60 | 62,64 | 52,55 | 53,33 | 60,86 | 52,19 |
| Zn K | | | | | | |
| Br L | | | | | | |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

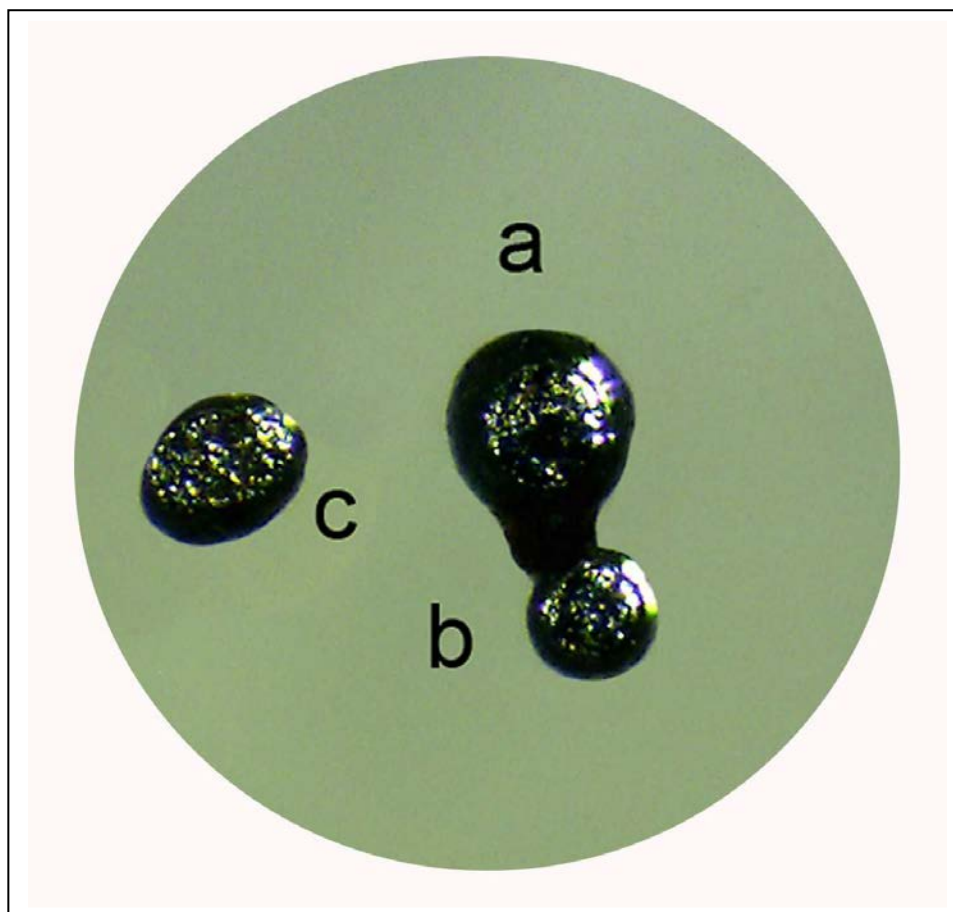
Probeta BLL

Afloramiento JE-001-BLL (Carretera Olesa-Viladecavalls)

Sedimentos del Mioceno

Nº de esférulas: 3 (a-b-c). Se analiza c

Puntos de análisis en Fig. 23



Esférula y punto de análisis de la probeta BLL

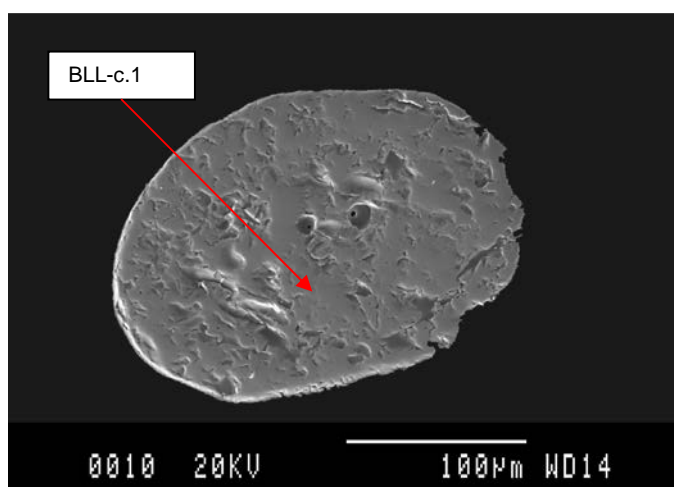


Fig. 23: BLL-c.1, corresponde a un análisis puntual de la esférula

Resultados análisis EDS

| Elementos | Probeta BLL | | |
|-----------|----------------------|--------|--|
| | JE-001-BLL (MIOCENO) | | |
| | c.1 | | |
| O K | | 44,97 | |
| Mg K | | | |
| Al K | | | |
| Si K | | 0,44 | |
| K K | | | |
| Ca K | | | |
| Ti K | | | |
| Cr K | | | |
| Mn K | | 0,65 | |
| Fe K | | 53,94 | |
| Zn K | | | |
| Br L | | | |
| Totales | | 100,00 | |

Conclusiones sobre la morfología y la composición química

Las esférulas que se han separado y analizado poseen formas esféricas casi perfectas, algunas con ligera tendencia ovoide. Son de color negro brillante o ligeramente matizadas.

Exteriormente son lisas (*Fig. 13*) o presentan un grabado reticular característico (*Fig. 12*).

Su composición mayoritaria corresponde a óxidos de hierro ferromagnéticos (magnetita y wustita) o una mezcla de ambos (magnetita+wustita intersticial), con pequeños porcentajes de manganeso (Mn), trazas de cromo (Cr) y de titanio (Ti).

Una vez incluidas en las probetas, seccionadas y pulidas, muchas de ellas, presentan vacuolas internas de tamaño variable. En la composición global de estas partículas aparecen porcentajes destacables de elementos como silicio, calcio, aluminio y magnesio. En el interior de las vacuolas la abundante cantidad de silicio puede corresponder a cuarzo. Es de destacar la presencia de bromo (Br) en los bordes de las vacuolas, que nos indica con toda probabilidad la presencia de fluidos durante la formación y enfriamiento de la esférula.

Hipótesis general de procedencia

Las esférulas magnéticas las hemos encontrado tanto en los sedimentos del Mioceno como en los del Holoceno más reciente.

De modo general, la característica común es la esfericidad que indica que cada esfera representa un equilibrio interno de fuerzas en el seno de un medio fluido (agua, aire).

En nuestro caso hemos de considerar que aunque en su formación puede haber existido la influencia de un fluido, el aporte se ha producido por vía aérea.

Relacionamos a continuación los posibles orígenes que vamos a considerar:

- **A-Micrometeoritos:** Son pequeñas microesférulas metálicas formadas por hierro-níquel, óxidos de hierro (magnetita, wustita) y silicatos, cuyas dimensiones pueden estar en el rango de decenas de micras hasta un milímetro. Proceden de asteroides y cometas o forman parte de polvo interplanetario. El material se fundió durante la entrada en la atmósfera y durante su caída y enfriamiento fue tomando formas esféricas.

La mezcla de hierro y níquel es común en la mayoría de los meteoritos. La concentración de níquel (Ni) relativa a la del hierro (Fe) se caracteriza por ser mucho mayor de la que se encuentra en cualquier roca terrestre.

La presencia de níquel no es condición necesaria en los micrometeoritos pues en algunos puede aparecer en proporciones muy bajas o estar ausente. Es decir, ser exclusivamente de óxidos de hierro.

Los micrometeoritos son muy abundantes, constituyendo la mayor parte de la masa de material extraterrestre que entra en la Tierra. Cada día caen grandes cantidades que tras su paso por la atmósfera y servir generalmente de núcleos de coalescencia para el agua de lluvia, son precipitados a la superficie.

La determinación de la relación Ni/Fe, cuando existe, basta para saber si una esférula proviene o no del espacio. Es importante analizar el interior de las partículas (EDS), dado que la superficie puede haberse fundido y por tanto modificado esta relación (el Ni es más volátil que el Fe).

Aunque la presencia de níquel y wustita parezca indicarnos un posible origen extraterrestre. La única manera definitiva de determinar si una partícula tiene o no ese origen, es realizar en ella estudios isotópicos. Determinados isótopos solo se encuentran en materiales extraterrestres, ya que son producto de rayos cósmicos: ^{26}Al , ^{10}Be y ^{53}Mn , por ejemplo. La realización de análisis isotópicos en muestras de tan poco tamaño (una a una), es costosa y requiere de laboratorios especializados.

- **B-Partículas de forma esférica que proceden de incendios forestales:** Son frecuentes los incendios forestales acontecidos durante todos los períodos geológicos, especialmente en la época estival. La combustión de la biomasa genera productos sólidos y gaseosos que tras evacuarse a la atmósfera, dan lugar a una masa que se traslada desde el punto de incineración a otro emplazamiento. Las partículas sólidas liberadas (flay ash, Jones&Olson, 1990) se depositan en el suelo más o menos próximo y los productos gaseosos se difunden en la atmósfera.

A partir de los datos obtenidos en el incendio forestal ocurrido en agosto de 1999 en la Sierra de la Almijara (Granada) se determinaron las emisiones sólidas producidas por vía aérea fuera del sistema (J.L. Díaz-Hernández, 2000). Entre ellas se destacan las esférulas carbonosas (EC), componente muy característico de áreas contaminadas citado por algunos autores (Huffman&Huggins, 1986), (Jones&Olson, 1990), (Del Monte *et al.*, 1992). Consisten en esférulas negras, perforadas, huecas, con brillo vítreo y diversos tamaños (Díaz&Miranda, 1997). Para Jones&Olson (1990) estas partículas son uno de los componentes del “*smoke*” producido por la combustión del carbón a altas temperaturas: las impurezas que contiene el carbón le dan ese aspecto, y la presencia de minerales de hierro las hace magnéticamente susceptibles. Cuando el contenido de minerales metálicos es mayoritario pueden adquirir una mayor compacidad, dando lugar a unas del todo similares a las de origen extraterrestre.

- **C-Partículas esféricas antrópicas:** Las emisiones producidas por las centrales térmicas de carbón, expelen cenizas que son similares en su morfología a ciertos micrometeoritos. También los aviones, algunas actividades industriales y las plantas incineradoras de residuos pueden emitir partículas idénticas a las de origen cósmico.

- **D-Fenómenos volcánicos:** Aunque han existido en períodos anteriores al Mioceno y durante el mismo, no disponemos de información suficientemente contrastada para plantear una hipótesis.

Hipótesis de procedencia para las esférulas magnéticas de nuestra zona de estudio

La falta de níquel (Ni) en las muestras analizadas resta probabilidades a la existencia de esférulas de origen extraterrestre, no así la presencia de wustita detectada en los análisis por DRX efectuados a la fracción magnética del afloramiento JE-012-AP, que en cambio no se manifiesta en los mismos análisis del afloramiento JE-035-VOR.

Ante la imposibilidad en el abasto de esta tesis de proceder a un estudio detallado partícula a partícula por los métodos antes expuestos. Con toda probabilidad, las esférulas que forman parte de la fracción ferromagnética de nuestros afloramientos, pueden pertenecer a una mezcla de los tres primeros tipos de origen relacionados, sin que estemos en disposición de poder determinar el porcentaje de cada uno.

Podemos concluir que las esférulas magnéticas separadas de los sedimentos del:

- **Holoceno:** Son una mezcla de antrópicas, incendios forestales, micrometeoritos y partículas recuperadas de los sedimentos del Mioceno (que pueden corresponder al origen de las dos últimas).

- **Mioceno:** Son una mezcla de micrometeoritos, incendios forestales y también de partículas antrópicas, que pueden haber contaminado la muestra como consecuencia de no haberla obtenido a la profundidad adecuada dentro del sedimento.

El estudio de las esférulas deja un frente abierto de investigación que puede aportar datos de gran interés científico.

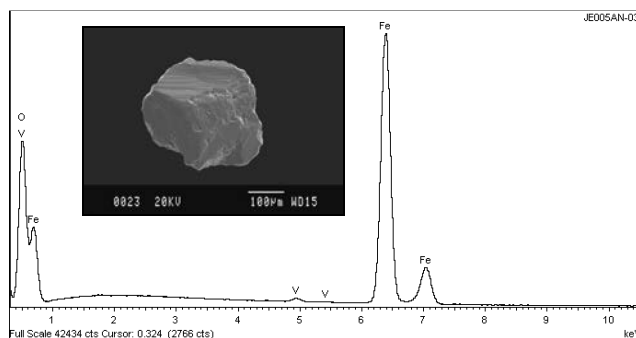
Análisis y morfología de las partículas paramagnéticas

En este capítulo se incluyen algunos de los análisis, espectros EDS e imágenes SEM que se han obtenido de (hematites-goethita) y de algunas magnetitas que por su grado de alteración o por estar recubiertas de otros minerales han perdido su ferromagnetismo.

La diferenciación entre hematites y goethita a nivel de partícula no es posible realizarla por este procedimiento, salvo en algunos casos cuando la morfología externa se manifiesta claramente.

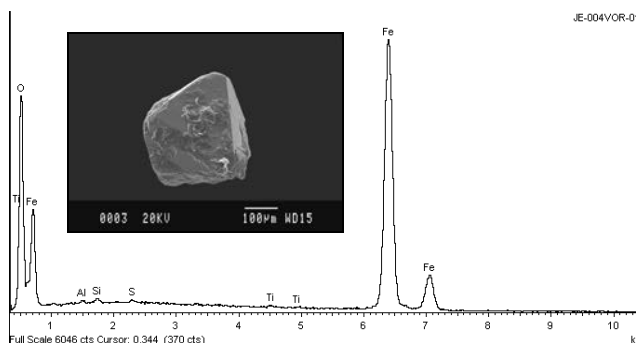
Junto a las tablas de valores se indica el rango electromagnético de separación de la partícula.

| <i>Partícula 005AN-03 (0,10/0,15A)</i> | | | |
|--|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 34,75 | 0,11 | 65,00 |
| V K | 0,48 | 0,02 | 0,28 |
| Fe K | 64,78 | 0,11 | 34,72 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



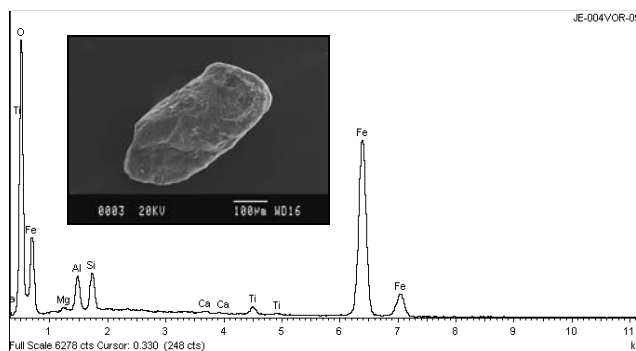
Espectro EDS de la partícula 005AN-03 (afloramiento JE-005-AN)
Cristal laminar de hematites

| <i>Partícula 004VOR-01 (0,10/0,15A)</i> | | | |
|---|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 33,75 | 0,29 | 63,69 |
| Al K | 0,31 | 0,09 | 0,35 |
| Si K | 0,39 | 0,07 | 0,42 |
| S K | 0,21 | 0,05 | 0,20 |
| Ti K | 0,18 | 0,05 | 0,11 |
| Fe K | 65,16 | 0,30 | 35,22 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro EDS de la partícula 004VOR-01 (afloramiento JE-004-VOR)
Cristal octaédrico de magnetita con otros minerales adheridos

| <i>Partícula 004VOR-09 (0,10/0,15A)</i> | | | |
|---|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 48,05 | 0,29 | 73,74 |
| Mg K | 0,37 | 0,08 | 0,38 |
| Al K | 3,57 | 0,11 | 3,25 |
| Si K | 3,30 | 0,09 | 2,88 |
| Ca K | 0,18 | 0,04 | 0,11 |
| Ti K | 0,87 | 0,06 | 0,45 |
| Fe K | 43,65 | 0,27 | 19,19 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro EDS de la partícula 004VOR-09 (afloramiento JE-004-VOR)
Partícula sub-redondeada de hematites/goethita alterada

4.1.13.- Pirita y Pirita oxidada

Grupo mineralógico: Sulfuros y sulfosales

Fórmula química: FeS_2

Fórmula empírica: Fe^{+2}S_2

El hierro (Fe) puede estar sustituido en ocasiones por níquel (Ni) o cobalto (Co).

La pirita oxidada es producto de la alteración de la pirita.

Propiedades físicas y otras características generales

| Propiedades y características | Pirita | Pirita oxidada |
|-------------------------------------|---|---|
| Densidad | 4,95-5,01 | <4,95 |
| Dureza | 6 - 6,5 | 5-5,5 |
| Cristalografía | Cúbico (Fig. 1: A y B) | |
| Formas | Cristalizada en formas de cubo, pentadodecaedro y octaedro, o por combinaciones de los tres. También en masas compactas y otras formas. | Se presenta pseudomorfizando las formas cristalinas originales de la pirita. |
| Fractura | Concoide | |
| Color | Amarillo latón | Marrón oscuro a marrón amarillento |
| Diafanidad | Opaco | Opaco |
| Brillo | Metálico | Sin brillo (mate) |
| Grado de estabilidad | Inestable | Inestable |
| Resistencia a la alteración química | Escasa | Escasa |
| Capacidad de migración | Baja | Baja |
| Susceptibilidad magnética | Diamagnética | Según el grado de oxidación es atraíble entre 0,10 y 0,80A |
| Minerales asociados | Calcopirita, magnetita, galena, esfalerita, oro, etc. | Sin minerales asociados |
| Origen | La pirita aparece en grandes concentraciones de distinto origen. Así es un mineral muy común en todos los yacimientos de sulfuros metálicos y en casi todas las rocas plutónicas, volcánicas, sedimentarias y metamórficas. | En rocas sedimentarias y en rocas sedimentarias detríticas, así como en las arenas que proceden de la devastación de las rocas de origen. |

Composición química teórica de la pirita: Peso molecular de la fórmula empírica, dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos.

- 46,55% Fe
- 53,45% S

Análisis de piritas correspondientes a varias localidades

| Elementos | 1 | 2 | 3 | 4 |
|-----------|-------|--------|-------|--------|
| Fe | 46,49 | 29,30 | 33,32 | 46,55 |
| Ni | - | 16,69 | 0,19 | - |
| Co | | trazas | 13,90 | - |
| S | 53,49 | 53,40 | 52,45 | 53,45 |
| Totales | 99,98 | 99,39 | 99,86 | 100,00 |

(1) Elba, Italia. (2) Mill Close mine, Derbyshire, Inglaterra.
(3) Gladhammar, Suecia. (4) FeS₂

Composición química de las piritas oxidadas

En un primer estadio de alteración, los cristales de pirita conservan interiormente su composición original, si el proceso continúa, pasan a formarse óxidos e hidróxidos de hierro como goethita, hematites y limonita. Al final de los procesos de oxidación, las texturas de las piritas oxidadas suelen ser pseudomorfas de los sulfuros alterados, conservando su forma cristalina original (texturas réplica).

Los análisis de las piritas oxidadas se han efectuado por SEM/EDS y DRX. Los resultados obtenidos por EDS (sobre stop carbonizado) solo corresponden a la parte más superficial de las partículas. No se ha trabajado con probetas pulidas.

Para los análisis por DRX hemos utilizado un conjunto de partículas correspondientes a varios afloramientos.

Formas y otras características

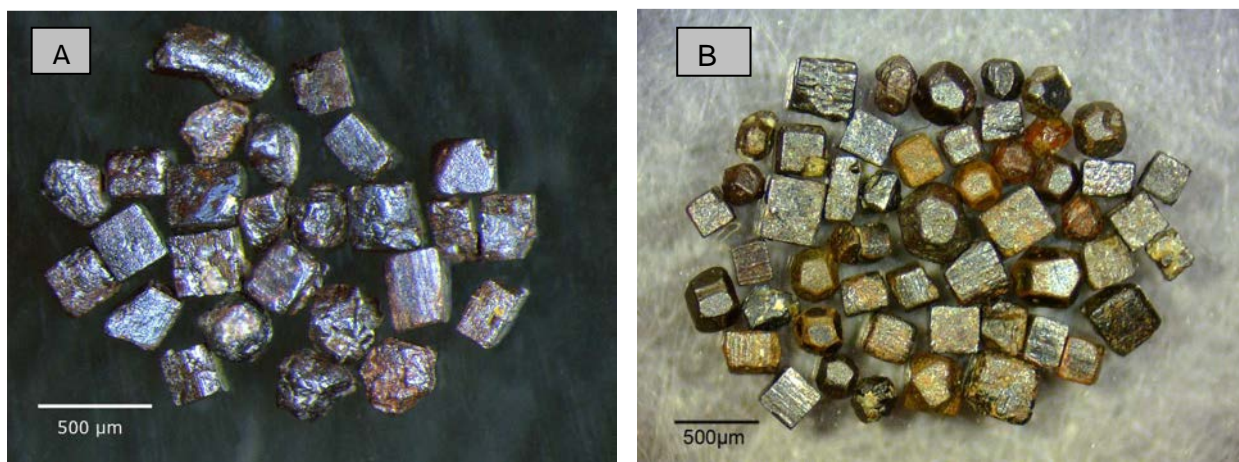
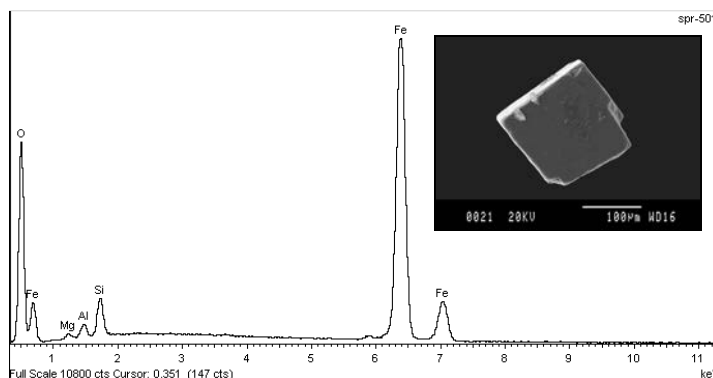


Fig.1: (A) Conjunto de cristales euhédricos de piritas oxidadas con forma de cubo predominante. (B) Conjunto de cristales euhédricos de piritas con mayor grado de oxidación con formas predominantes de cubo y rombododecaedro. En ambos casos la forma de octaedro es escasa.

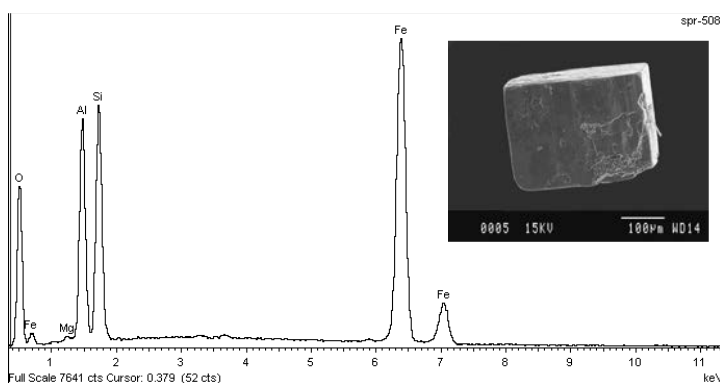
Análisis semicuantitativos y espectros EDS de algunas de las partículas seleccionadas como más representativas.

| <i>Partícula SPR-501 (0,10A)</i> | | | |
|----------------------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 29,19 | 0,17 | 57,29 |
| Mg K | 0,63 | 0,06 | 0,82 |
| Al K | 1,20 | 0,06 | 1,40 |
| Si K | 3,08 | 0,06 | 3,45 |
| Fe K | 65,88 | 0,18 | 37,04 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



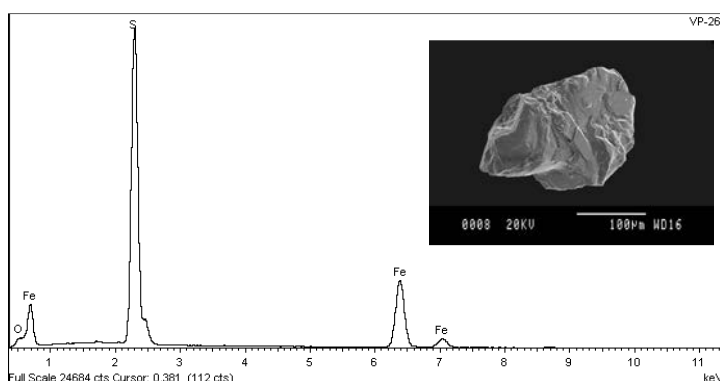
Espectro correspondiente a la partícula SPR-501 del afloramiento JE-000-GA (Pirita oxidada).

| <i>Partícula SPR-508 (0,30A)</i> | | | |
|----------------------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 23,29 | 0,18 | 43,71 |
| Mg K | 0,37 | 0,05 | 0,45 |
| Al K | 12,73 | 0,11 | 14,17 |
| Si K | 14,04 | 0,11 | 15,01 |
| Fe K | 49,58 | 0,18 | 26,66 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula SPR-508 del afloramiento JE-000-GA (Pirita oxidada).

| <i>Partícula VP-26 (0,80A)</i> | | | |
|--------------------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 11,47 | 0,33 | 24,18 |
| S K | 50,21 | 0,24 | 52,83 |
| Fe K | 38,32 | 0,20 | 22,99 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula VP-26 del afloramiento JE-055-VOR (Pirita medianamente alterada).

Entre paréntesis al lado del código de la muestra se informa del rango de susceptibilidad magnética en el que ha sido atraída la partícula.

Resultados obtenidos por DRX

Minerales identificados: Goethita, Hematites y cuarzo (Fig.2).

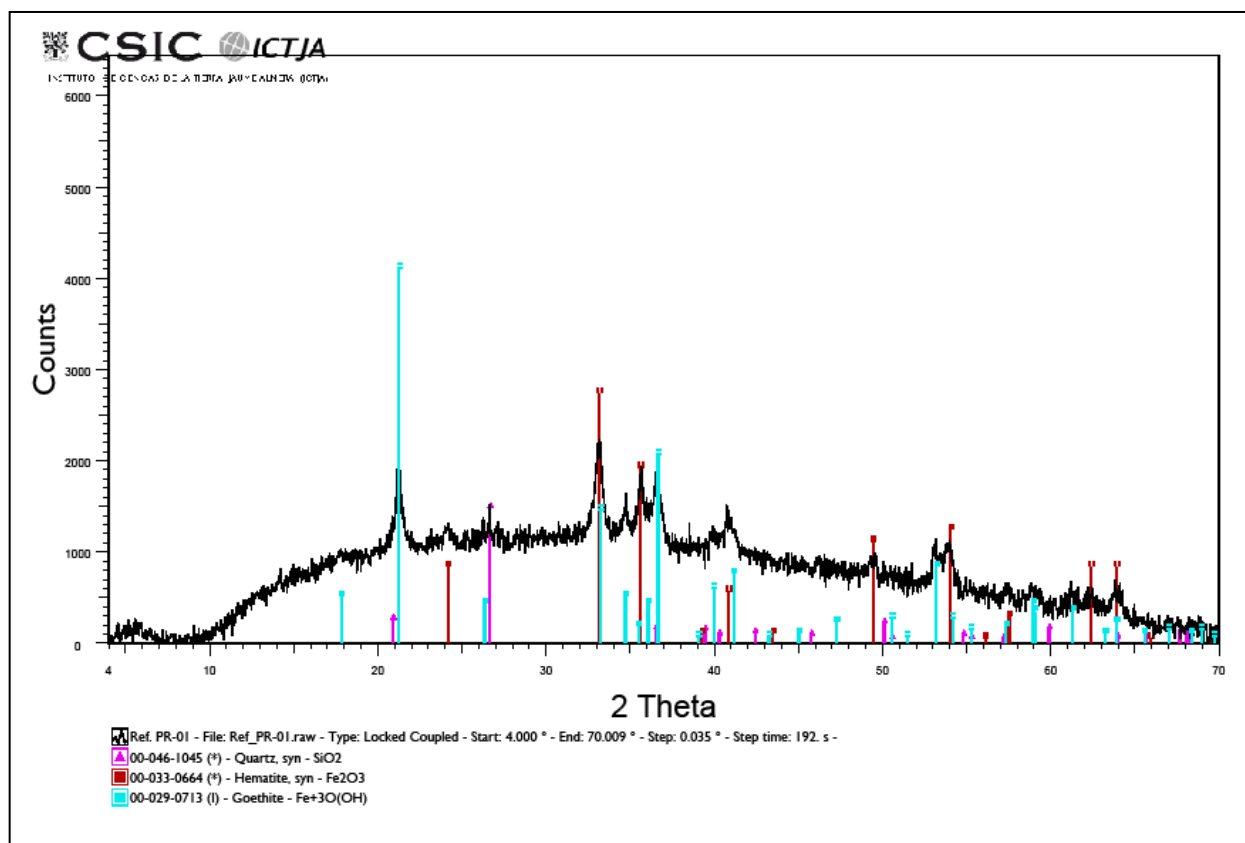


Fig. 2: Diagrama de rayos X correspondiente a un conjunto de partículas de pirita oxidada obtenidas de varios afloramientos.

Los resultados de la difracción nos indican que por alteración se ha llevado a cabo la sustitución total del sulfuro por óxidos e hidróxidos de hierro con la presencia de una pequeña cantidad de cuarzo.

Conclusiones

Las partículas de pirita oxidada con formas isométricas bien conservadas son mayoritarias tanto en los sedimentos del Mioceno como en las arenas del Holoceno más reciente. La pirita fresca generalmente xenomorfa solo la hemos encontrado en las arenas de los cauces fluviales que están drenando en sus cabeceras zonas con filones de sulfuros (skarns y rocas metamórficas).

4.1.14.- Rutilo

Grupo mineralógico: Óxidos e Hidróxidos

Fórmula química: TiO_2

Propiedades físicas y otras características generales de la especie:

| | |
|-------------------------------------|--|
| Densidad | 4,18 - 4,25 para el rutilo puro. Hasta 5,5 según impurezas |
| Dureza | 6 - 6,5 |
| Cristalografía | Tetragonal |
| Formas | Cristales prismáticos más o menos alargados en dirección paralela al eje c, frecuentemente estriados o acanalados. En cristales aciculares, largos y finos entrecruzados formando enrejado. También en masas compactas y granulares. |
| Fractura | Concoidea a desigual. |
| Color | Tonalidades que oscilan entre la rojo sangre característica, a las castaño oscuro, anaranjado o incluso amarillento. Las variedades ricas en hierro son opacas. |
| Diaphanidad | Translúcidos, incluso transparentes, a veces opacos. |
| Brillo | Submetálico a adamantino. |
| Inclusiones | Aciculares orientadas o no, muy frecuentes incluidas en el cuarzo y la biotita. |
| Grado de estabilidad | Estable |
| Resistencia a la alteración química | Muy alta. Sin embargo se puede transformar en leucoxeno. |
| Capacidad de migración | Alta |
| Susceptibilidad magnética | No atraíble en el separador Frantz (Diamagnético). |
| Minerales asociados | Anatasa, brookita, hematites, ilmenita, apatito, titanita, clorita, turmalina y circón. |
| Origen | Es un mineral accesorio muy común en rocas intrusivas de alta presión y temperatura. Los yacimientos primarios corresponden sobre todo a rocas que provienen del metamorfismo regional. El rutilo autigénico es característico de las areniscas titaníferas. |

Composición química:

El rutilo responde raramente a su fórmula química TiO_2 . Puede contener Fe^{3+} , Fe^{2+} , Al, Cr, V, Nb, Ta y Sn en cantidades menores o en estado de trazas, que pueden sustituir ligeramente a los átomos de titanio. En algunos casos el contenido de Fe_2O_3 puede llegar al 30% en la variedad Nigrina. Se conocen mezclas isomorfas notables como el ilmeno-rutilo que es un rutilo con un 14-20 % Nb_2O_3 y un 11-14 % de Fe_2O_3 .

El rutilo forma una serie polimórfica con la anatasa (octaedrita) y la brookita. Ambas son las formas de baja temperatura.

Composición química teórica simplificada: Peso molecular de la fórmula empírica dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos.

| Elemento | A% | | Ox% | óxidos |
|----------|-----------|----|--------|------------------|
| Titanio | 59,94 | Ti | 100,00 | TiO ₂ |
| Oxígeno | 4 0,06 | O | | |
| Totales | 100,00 | | 100,00 | |

Análisis comparativo de diversas muestras de otras localidades

| Ox% | RUTILO | | | |
|-------------------------------------|----------|-------|--------|--------------|
| | Muestras | | | |
| | 1 | 2 | 3 | Promedio 1-2 |
| TiO ₂ | 83,72 | 84,83 | 97,46 | 84,28 |
| SnO ₂ | 1,04 | | | 0,52 |
| WO ₃ | 1,69 | 0,75 | | 1,22 |
| V ₂ O ₃ | 0,68 | 0,79 | | 0,73 |
| Cr ₂ O ₃ | | 0,05 | | 0,02 |
| Ta ₂ O ₅ | 0,86 | 0,98 | | 0,92 |
| Nb ₂ O ₅ | 7,43 | 7,92 | | 7,67 |
| Fe ₂ O ₃ /FeO | 4,36 | 4,06 | 2,62 | 4,21 |
| CaO | 0,02 | 0,02 | | 0,02 |
| MnO | 0,09 | 0,04 | | 0,06 |
| Totals | 99,89 | 99,44 | 100,08 | 99,66 |

(1) - (2): Yacimiento W-Mo Badillo, Angulos (Argentina). (3) Graves Mountain , Georgia (USA)

Fuente de la información: (1-2) Sardi, F.G. (Revista de la Asociación Geológica Argentina),
(3) Mineral Data Publishing

Propiedades físicas y otras características específicas de las partículas separadas de los sedimentos de la zona de estudio.

| | |
|---------------------------|--|
| Formas | Partículas subhédricas de hábito prismático y subredondeadas. Fig. 1 (A-B-C) |
| Color | Amarillo anaranjado intenso a castaño oscuro. |
| Brillo | Adamantino algo resinoso. |
| Diafanidad | Translúcidas a opacas. |
| Inclusiones | No se aprecian |
| Susceptibilidad magnética | Diamagnéticas. Algunas partículas con impurezas son atraídas a 1,50 A. |
| Posibles áreas fuente | Granitos, rocas intrusivas y rocas metamórficas. |

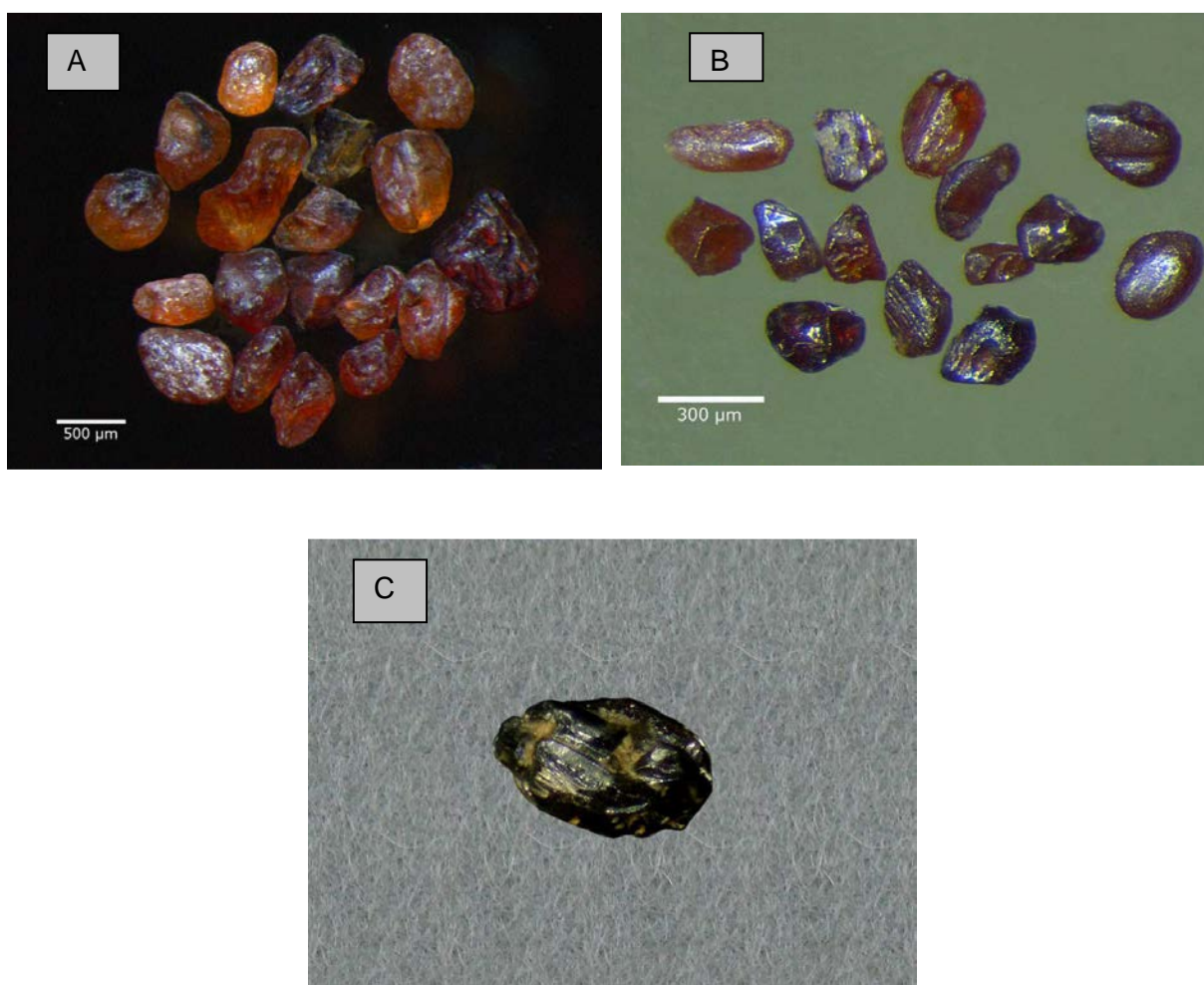
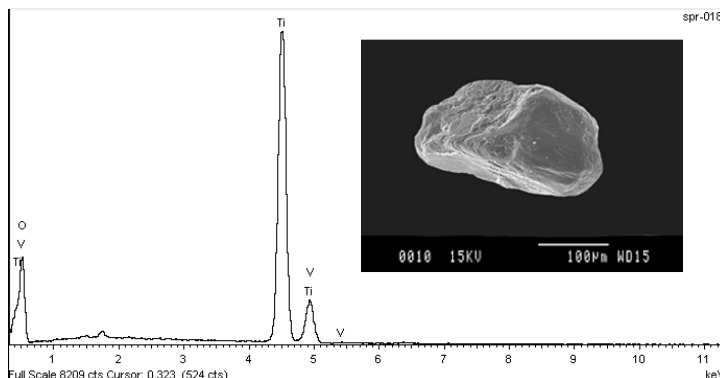


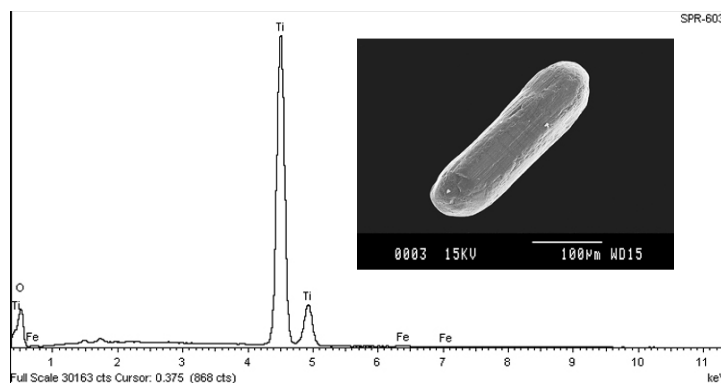
Figura. 1- Partículas de rutilo que corresponden a las muestras: (A) SPR-626 (B) SPR-603 (C) 05BLL

Formas, análisis semicuantitativos y espectros EDS más característicos de las partículas obtenidas en la zona de estudio

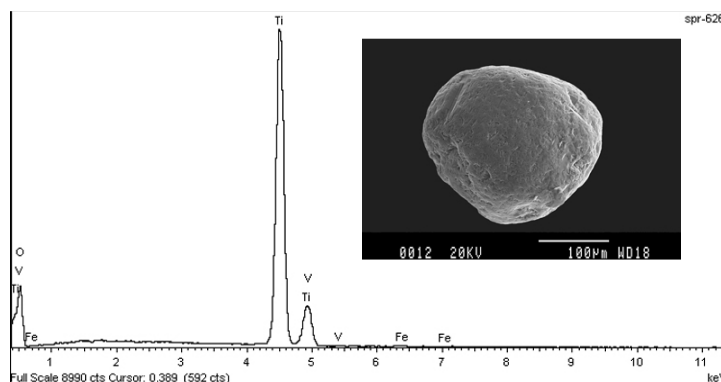
| Partícula SPR-018 (Diamag) | | | |
|----------------------------|--------|-------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% | A% |
| | | Sigma | |
| O K | 51,99 | 0,69 | 76,43 |
| Ti K | 47,59 | 0,68 | 23,37 |
| V K | 0,42 | 0,11 | 0,19 |
| Totals | 100,00 | | |



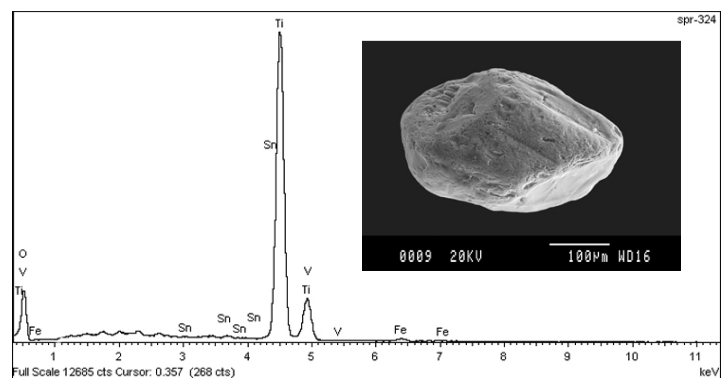
| Partícula SPR- 603 (Diamag) | | | |
|-----------------------------|--------|-------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% | A% |
| | | Sigma | |
| O K | 40,58 | 0,38 | 67,18 |
| Ti K | 58,93 | 0,38 | 32,58 |
| Fe K | 0,49 | 0,04 | 0,23 |
| Totals | 100,00 | | |



| Partícula SPR-626 (Diamag) | | | |
|----------------------------|--------|-------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% | A% |
| | | Sigma | |
| O K | 45,16 | 0,82 | 71,17 |
| Ti K | 54,15 | 0,81 | 28,50 |
| V K | 0,46 | 0,12 | 0,23 |
| Fe K | 0,23 | 0,07 | 0,10 |
| Totals | 100,00 | | |



| Partícula SPR-324 (1,50A) | | | |
|---------------------------|--------|-------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% | A% |
| | | Sigma | |
| O K | 49,24 | 0,72 | 74,01 |
| Ti K | 47,74 | 0,76 | 24,38 |
| V K | 0,47 | 0,09 | 0,22 |
| Fe K | 0,65 | 0,06 | 0,28 |
| Sn L | 0,56 | 0,08 | 0,11 |
| Totals | 100,00 | | |



Entre paréntesis junto al código de partícula se informa del rango de susceptibilidad magnética en el que ha sido atraída. Las partículas SPR-018, SPR-324 y SPR 603 presentan formas subhédricas parcialmente redondeadas. La partícula SPR-626 es xenomorfa y muy redondeada.

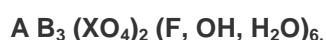
4.1.15.- Fases del Supergrupo de la Alunita

Minerales bastante abundantes y relativamente poco conocidos, aunque se presentan en una gran variedad de ambientes de formación. **No citados en ningún estudio de esta zona.**

Clasificación: Fosfatos-sulfatos hidratados de aluminio (**minerales APS**)

Composición química:

Los minerales APS pertenecen al supergrupo de la alunita. Este supergrupo comprende diferentes sub-grupos mineralógicos, que, combinados, representan más de 40 especies mineralógicas que responden a la fórmula general:



A, B y X corresponden a tres sitios cristalográficos. El sitio A, en coordinación 12, está ocupado por cationes de gran tamaño, monovalentes (H₃O, K, Na, Rb, NH₄, Ag, Tl, etc.), divalentes (Ca, Sr, Ba, y Pb etc.), trivalentes (Bi, y REE) y a veces tetravalentes (Th, U). El sitio B, en coordinación 6 puede estar ocupado por Al³⁺, Fe³⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Ga³⁺ o V³⁺ y el sitio X, en coordinación 4, está ocupado por S⁶⁺, P⁵⁺, menos frecuentemente por As⁵⁺, Si⁴⁺ y más raramente por Cr⁶⁺ y Sb⁵⁺. (Jambor, 1999; Scott, 2000; Scott, 1987; Stoffregen, 1987).

Son poco frecuentes los ejemplares naturales que presenten composiciones próximas a los polos puros, lo más habitual es que los APS formen una extensa gama de soluciones sólidas entre los diferentes sitios A, B, X.

Se han identificado en las partículas analizadas de nuestra zona: Goyazita, Florencita (La), Florencita (Ce), Crandallita, Woodhouseita y Svanbergita.

Composición según fórmula empírica: Peso molecular de la fórmula empírica dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos

| Goyazita | | | | Florencita (La) | | | | | |
|-----------|----------|-----|----------|--------------------------------|-----------|----------|----|----------|--------------------------------|
| A% | | Ox% | | A% | | Ox% | | | |
| Estroncio | 18,98 % | Sr | 22,45 % | SrO | Lantano | 20,34 % | La | 23,86 % | La ₂ O ₃ |
| Aluminio | 17,54 % | Al | 33,14 % | Al ₂ O ₃ | Cerio | 6,84 % | Ce | 8,01 % | Ce ₂ O ₃ |
| Fósforo | 13,42 % | P | 30,75 % | P ₂ O ₅ | Aluminio | 15,81 % | Al | 29,86 % | Al ₂ O ₃ |
| Hidrógeno | 1,53 % | H | 13,66 % | H ₂ O | Fósforo | 12,10 % | P | 27,72 % | P ₂ O ₅ |
| Oxígeno | 48,53 % | O | | | Hidrógeno | 1,18 % | H | 10,55 % | H ₂ O |
| | | | | | Oxígeno | 43,74 % | O | | |
| TOTAL | 100,00 % | | 100,00 % | | TOTAL | 100,00 % | | 100,00 % | |

Fórmula empírica: SrAl₃(PO₄)₂(OH)₅·(H₂O)

Fórmula empírica: La_{0,75}Ce_{0,25}Al₃(PO₄)₂(OH)₆

Florencita (Ce)

| | A% | | Ox% | |
|-----------|--------|------|--------|----------------------------------|
| Cerio | 27,31 | % Ce | 31,99 | % Ce ₂ O ₃ |
| Aluminio | 15,78 | % Al | 29,81 | % Al ₂ O ₃ |
| Fósforo | 12,07 | % P | 27,67 | % P ₂ O ₅ |
| Hidrógeno | 1,18 | % H | 10,53 | % H ₂ O |
| Oxígeno | 43,66 | % O | | |
| TOTAL | 100,00 | % | 100,00 | % |

Fórmula empírica: CeAl₃(PO₄)₂(OH)₆

Florencita (Nd)

| | A% | | Ox% | |
|-----------|--------|------|--------|----------------------------------|
| Neodimio | 20,96 | % Nd | 24,45 | % Nd ₂ O ₃ |
| Cerio | 6,79 | % Ce | 7,95 | % Ce ₂ O ₃ |
| Aluminio | 15,68 | % Al | 29,63 | % Al ₂ O ₃ |
| Fósforo | 12,00 | % P | 27,50 | % P ₂ O ₅ |
| Hidrógeno | 1,17 | % H | 10,47 | % H ₂ O |
| Oxígeno | 43,40 | % O | | |
| TOTAL | 100,00 | % | 100,00 | % |

Fórmula empírica: Nd_{0,75}Ce_{0,25}Al₃(PO₄)₂(OH)₆

Crandallita

| | A% | | Ox% | |
|-----------|--------|------|--------|----------------------------------|
| Calcio | 9,68 | % Ca | 13,54 | % CaO |
| Aluminio | 19,55 | % Al | 36,94 | % Al ₂ O ₃ |
| Fósforo | 14,96 | % P | 34,28 | % P ₂ O ₅ |
| Hidrógeno | 1,71 | % H | 15,24 | % H ₂ O |
| Oxígeno | 54,10 | % O | | |
| TOTAL | 100,00 | % | 100,00 | % |

Fórmula empírica: CaAl₃(PO₄)₂(OH)₅·(H₂O)

Svanbergita

| | A% | | Ox% | |
|-----------|--------|------|--------|----------------------------------|
| Estroncio | 18,98 | % Sr | 22,45 | % SrO |
| Aluminio | 17,53 | % Al | 33,13 | % Al ₂ O ₃ |
| Fósforo | 6,71 | % P | 15,37 | % P ₂ O ₅ |
| Azufre | 6,95 | % S | 17,34 | % SO ₃ |
| Hidrógeno | 1,31 | % H | 11,71 | % H ₂ O |
| Oxígeno | 48,52 | % O | | |
| TOTAL | 100,00 | % | 100,00 | % |

Fórmula empírica: SrAl₃(PO₄)(SO₄)(OH)₆

Woodhouseita

| | A% | | Ox% | |
|-----------|--------|------|--------|----------------------------------|
| Calcio | 9,68 | % Ca | 13,54 | % CaO |
| Aluminio | 19,55 | % Al | 36,94 | % Al ₂ O ₃ |
| Fósforo | 7,48 | % P | 17,14 | % P ₂ O ₅ |
| Azufre | 7,74 | % S | 19,33 | % SO ₃ |
| Hidrógeno | 1,46 | % H | 13,05 | % H ₂ O |
| Oxígeno | 54,09 | % O | | |
| TOTAL | 100,00 | % | 100,00 | % |

Fórmula empírica: CaAl₃(PO₄)(SO₄)(OH)₆

Ejemplos de composición en diferentes localidades

Tabla1: 1-Mackenzie Mountains (Canada), 2-Kangankunde Hill (Malawi), 3-Oxford Co., Maine USA), 4-Alto Bernardino (Brasil), 5-Brooklyn mine, Utah (USA), 6-Alto Benedito (Brasil), 7-Near Hawthorne, Nevada (USA), 8-Champion mine, California (USA), 9-Champion mine, California (USA), 10-Fórmula empírica.
Datos obtenidos de Mineral data Publishing. Versión 1 (2001-2005)

| | Florencita | | Goyazita | | Crandallita | | Svanbergita | | Woodhouseita | |
|---------------------------------|------------|-------|----------|--------|-------------|-------|-------------|--------|--------------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| | Ox% | Ox% | Ox% | Ox% | Ox% | Ox% | Ox% | Ox% | Ox% | Ox% |
| SO ₃ | | 1,70 | | | 3,80 | | 17,34 | 15,88 | 17,59 | 19,33 |
| P ₂ O ₅ | 27,40 | 26,00 | 28,92 | 28,90 | 27,09 | 32,64 | 16,70 | 17,42 | 18,13 | 17,14 |
| SiO ₂ | | | 0,96 | 0,20 | | | | | 0,30 | |
| Al ₂ O ₃ | 29,60 | 29,80 | 32,30 | 33,90 | 38,71 | 35,15 | 36,91 | 32,91 | 36,63 | 36,94 |
| Fe ₂ O ₃ | | | 0,90 | | | | 0,24 | 0,00 | | |
| MgO | | | | 0,30 | 0,94 | | | | 0,11 | |
| La ₂ O ₃ | 8,68 | 5,30 | | | | | | | | |
| Ce ₂ O ₃ | 17,79 | 8,80 | | | | | | | | |
| Nd ₂ O ₃ | 3,78 | 2,60 | | | | | | | | |
| Pr ₆ O ₁₁ | | 0,70 | | | | | | | | |
| Sm ₂ O ₃ | 1,48 | 0,20 | | | | | | | | |
| CaO | 0,47 | 1,60 | | 2,00 | 7,50 | 7,19 | 3,25 | 1,02 | 12,31 | 13,54 |
| SrO | | 9,00 | 18,43 | 14,80 | 2,21 | 10,53 | 12,84 | 21,18 | 0,25 | |
| Na ₂ O | | | 0,40 | | | | | | 0,08 | |
| K ₂ O | | | 0,34 | | | | | | 0,02 | |
| BaO | | 0,10 | 4,00 | 5,10 | | | | 0,22 | 1,00 | |
| F | | 1,60 | 1,93 | 2,80 | | | | | | |
| H ₂ O | n.d. | 12,90 | 12,00 | 13,20 | 18,86 | 14,48 | 12,51 | 11,37 | 13,45 | 13,05 |
| -O = F2 | | 0,70 | 0,81 | 1,20 | | | | | | |
| TOTAL | | 99,60 | 99,37 | 100,00 | 99,11 | 99,99 | 99,79 | 100,00 | 99,87 | 100,00 |

Propiedades físicas y otras características generales

| | |
|-------------------------------------|---|
| Densidad | Goyazita (3,26) - Florencita (3,59 a 3,71) |
| Dureza | 4,5 a 6 |
| Cristalografía | Romboédrico, pseudocúbico |
| Formas | En pequeños cristales y en nódulos criptocristalinos |
| Fractura | Astilosa a subconcoidea |
| Color | Amarillo pálido, naranja rojizo o rosado, gris, blanco |
| Diafanidad | Transparentes a translúcidos y opacos. |
| Brillo | Graso a resinoso |
| Estabilidad | Estables |
| Resistencia a la alteración química | Alta |
| Capacidad de migración | Media-alta |
| Susceptibilidad magnética | Atraíbles en el separador Frantz (0,45 a 1,30A) |
| Origen | En las pegmatitas. Como producto de meteorización de apatito en rocas ígneas muy argilitizadas. Autigénico en areniscas y lutitas (enriquecimiento supergénico) |

Propiedades físicas y características observadas en las partículas separadas de los sedimentos de la zona de estudio antes de su identificación.

| | |
|---------------------------|--|
| Formas | Partículas nodulares (reniformes) criptocristalinas de tamaño no superior a 500 micras (<i>Fig.1</i>) |
| Color | Naranja rojizo, marrón, beige en diferentes tonos |
| Brillo | Resinoso con un grabado característico |
| Diafinidad | Opacas |
| Susceptibilidad magnética | Atraíbles en el separador Frantz. Las partículas contenidas en los sedimentos miocénicos de 0,60 a 1,30 A. Las procedentes de los sedimentos de origen de 0,45 a 1,30 A. |

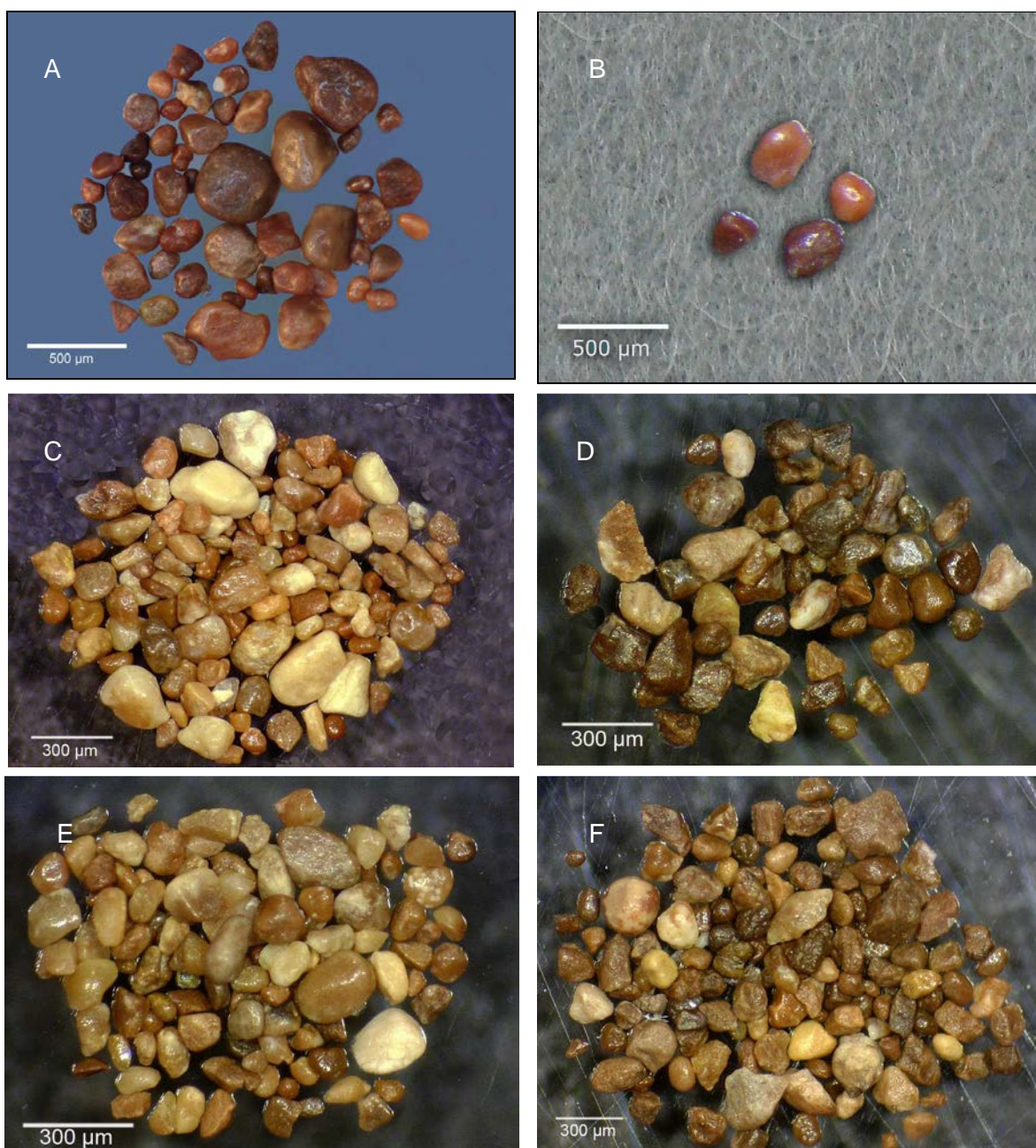


Fig.1- Partículas obtenidas en diferentes afloramientos: (A) Muestra 007-AP, (B) Muestra 010-VOR, (C) Muestra 012-AP, (D) Muestra 041-VOR, (E) Muestra 005-GA, (F) Muestra 010-AP.

Resultados analíticos EDS

Se había detectado su presencia en las fracciones electromagnéticas de 0,60A y 1,30A en una buena parte de las muestras. Sus formas redondeadas, el color, la superficie con un grabado muy particular, no correspondían a ningún mineral de los que habitualmente se estudian en estas fracciones. Se procedió mediante SEM-EDS (sobre un soporte *stub*) al análisis de un grupo de ellas obtenidas en diferentes afloramientos. (Tablas 2 - 3 y espectros)

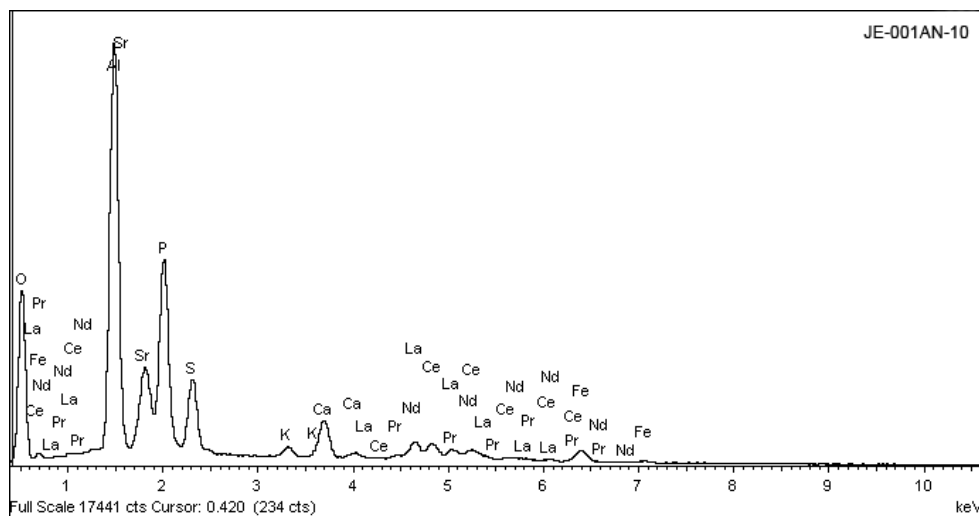
Tabla 2: Wt% y A% normalizados a 100%

| Elemento | Partículas analizadas | | | | | | | | | |
|----------|-----------------------|--------|----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|----------|--------|
| | 001AN-10 | | 008AN-26 | | 007AP-20a | | 034VOR-15 | | 001AP-07 | |
| | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% |
| O K | 37,91 | 59,29 | 49,20 | 70,46 | 60,44 | 77,58 | 31,79 | 52,31 | 43,40 | 65,36 |
| Al K | 21,39 | 19,84 | 17,89 | 15,19 | 15,14 | 11,53 | 18,41 | 17,96 | 17,61 | 15,72 |
| Si K | - | - | - | - | 1,94 | 1,42 | 6,61 | 6,19 | - | - |
| P K | 12,22 | 9,87 | 10,51 | 7,78 | 7,94 | 5,26 | 11,07 | 9,41 | 11,94 | 9,28 |
| S K | 4,94 | 3,86 | 2,18 | 1,56 | 1,20 | 0,77 | 4,61 | 3,79 | 4,12 | 3,10 |
| K K | 0,64 | 0,41 | 0,19 | 0,11 | 0,29 | 0,15 | 2,29 | 1,54 | 0,30 | 0,18 |
| Ca K | 2,57 | 1,61 | 1,31 | 0,75 | 1,23 | 0,63 | 4,16 | 2,73 | 1,94 | 1,16 |
| Fe K | 1,88 | 0,84 | 0,44 | 0,18 | 2,17 | 0,80 | 4,24 | 2,00 | 0,98 | 0,42 |
| As L | - | - | 1,77 | 0,54 | - | - | - | - | 0,91 | 0,29 |
| Sr L | 9,33 | 2,67 | 7,40 | 1,94 | 5,11 | 1,20 | 7,93 | 2,38 | 12,05 | 3,31 |
| La L | 3,87 | 0,70 | 3,22 | 0,53 | 1,68 | 0,25 | 2,28 | 0,43 | 2,31 | 0,40 |
| Ce L | 4,03 | 0,72 | 4,03 | 0,66 | 2,26 | 0,33 | 6,63 | 1,25 | 3,09 | 0,53 |
| Nd L | 0,74 | 0,13 | 1,84 | 0,29 | 0,60 | 0,09 | - | - | 1,36 | 0,23 |
| Pr L | 0,47 | 0,08 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

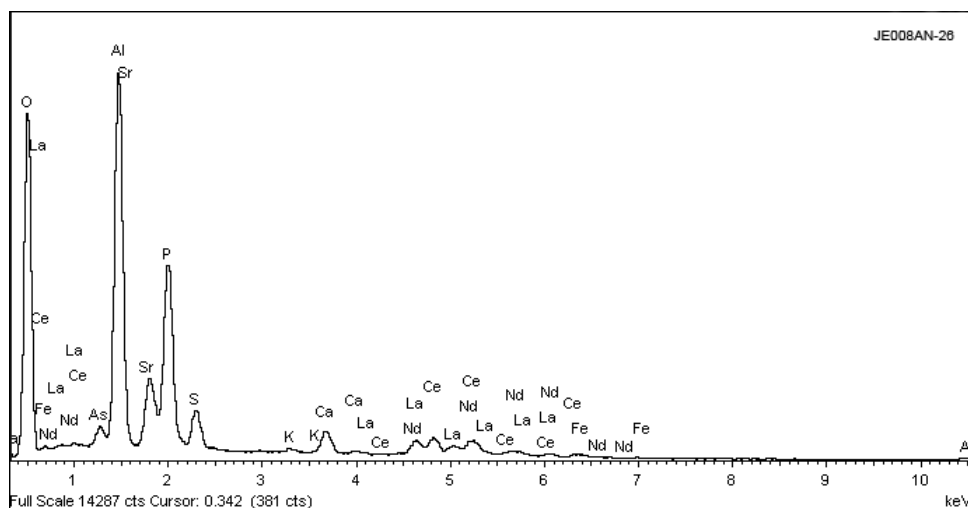
Tabla 03: Wt% y A% normalizados a 100%

| Elemento | Partículas analizadas | | | | | | | | | |
|----------|-----------------------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|-----------|--------|
| | 004BLL-14 | | 014SEL-30 | | 024VOR-32 | | 006VOC-01 | | 012VOC-21 | |
| | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% |
| O K | 45,71 | 67,41 | 46,55 | 67,42 | 39,59 | 62,23 | 46,10 | 68,50 | 57,19 | 75,87 |
| Al K | 19,47 | 17,02 | 19,37 | 16,63 | 15,13 | 14,11 | 16,95 | 14,94 | 13,98 | 11,00 |
| Si K | - | - | - | - | 3,18 | 2,85 | - | - | 1,96 | 1,48 |
| P K | 10,39 | 7,92 | 10,65 | 7,97 | 10,06 | 8,17 | 10,70 | 8,21 | 7,68 | 5,27 |
| S K | 2,89 | 2,13 | 2,53 | 1,83 | 2,11 | 1,66 | 3,04 | 2,26 | 3,01 | 1,99 |
| K K | 0,35 | 0,21 | - | - | 1,26 | 0,81 | 0,46 | 0,28 | 0,52 | 0,28 |
| Ca K | 1,39 | 0,82 | 2,14 | 1,24 | 2,47 | 1,55 | 1,47 | 0,87 | 0,96 | 0,51 |
| Fe K | 0,70 | 0,29 | 3,24 | 1,34 | 11,24 | 5,06 | 0,76 | 0,33 | 1,82 | 0,69 |
| As L | 0,68 | 0,21 | 0,53 | 0,16 | 1,16 | 0,39 | 2,53 | 0,80 | - | - |
| Sr L | 8,83 | 2,38 | 9,35 | 2,47 | 6,47 | 1,86 | 7,51 | 2,04 | 10,49 | 2,54 |
| La L | 3,01 | 0,51 | 2,19 | 0,37 | 3,51 | 0,64 | 3,37 | 0,58 | 0,68 | 0,10 |
| Ce L | 4,75 | 0,80 | 3,45 | 0,57 | 3,81 | 0,68 | 5,20 | 0,88 | 1,23 | 0,19 |
| Nd L | 1,84 | 0,30 | - | - | - | - | 1,89 | 0,31 | 0,46 | 0,07 |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

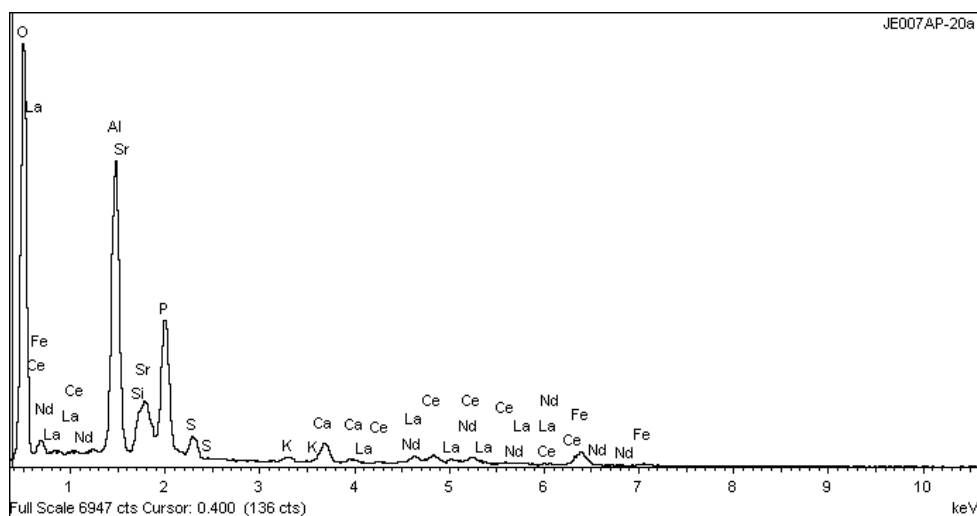
Espectros obtenidos por SEM-EDS que corresponden a cada una de las partículas analizadas.



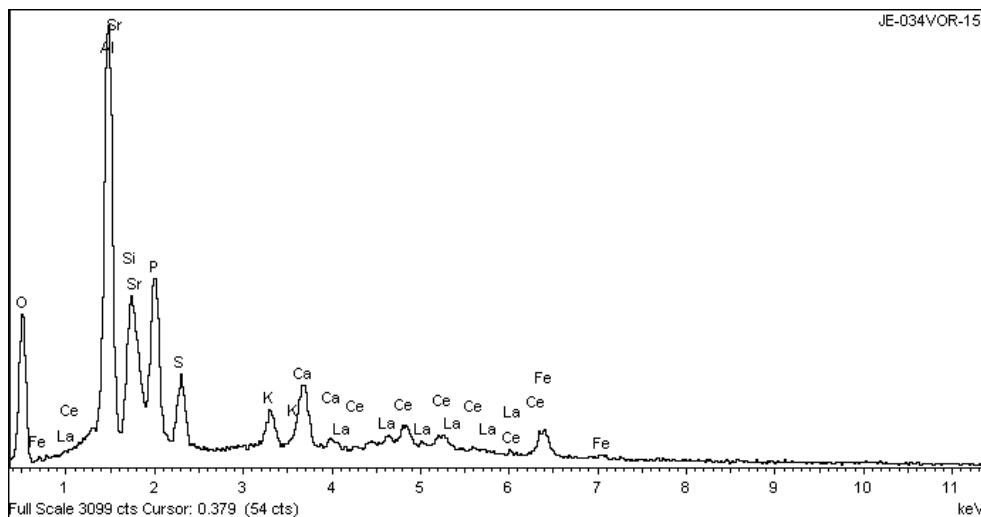
JE-001-AN
Partícula 10
Sector 06
Bóviles Piera
Mioceno



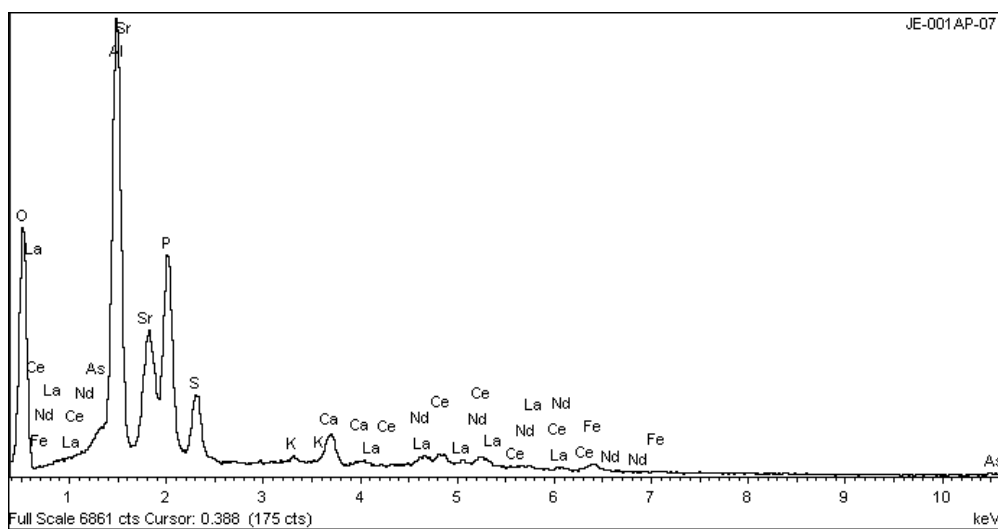
JE-008-AN
Partícula 26
Sector 06
Barranc de Can
Mata



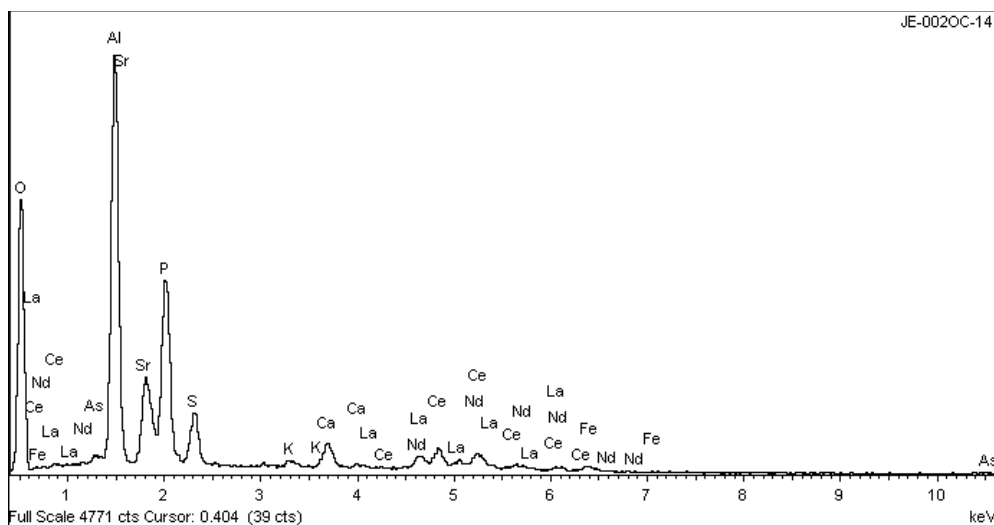
JE-007-AP
Partícula 20a
Sector 07
Pas de les Piles
Mioceno



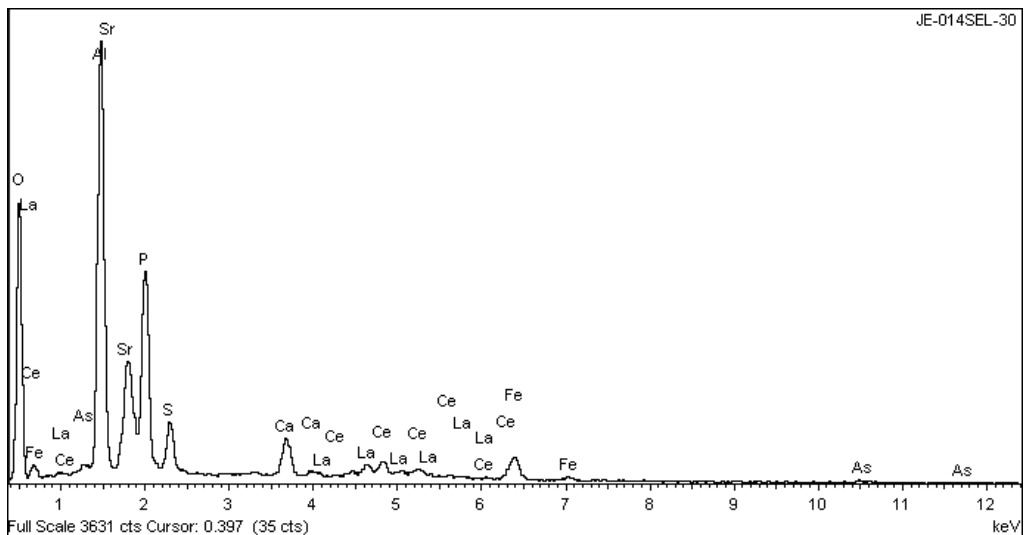
JE-034-VOR
 Partícula 15
 Sector 03
 Terraza Can
 Diviu



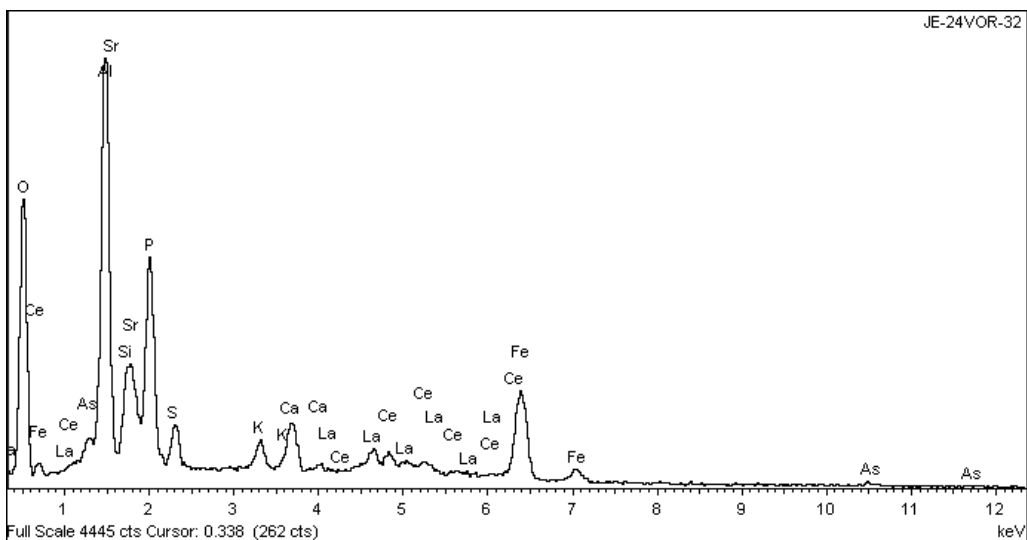
JE-001-AP
 Partícula 07
 Sector 07
 Ca l'Artigues
 Mioceno



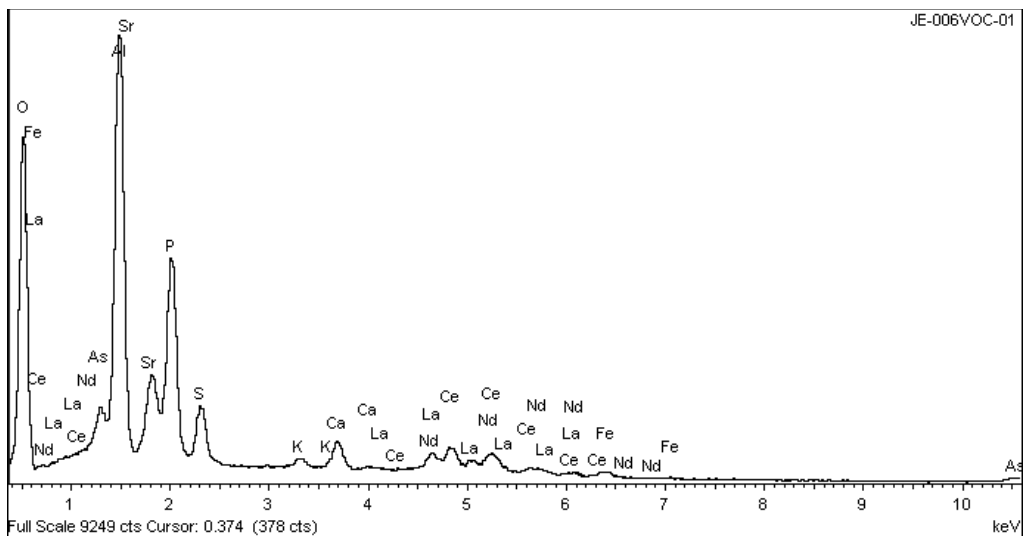
JE-004-BLL
 Partícula 14
 Sector 05
 Ullastrell
 Mioceno



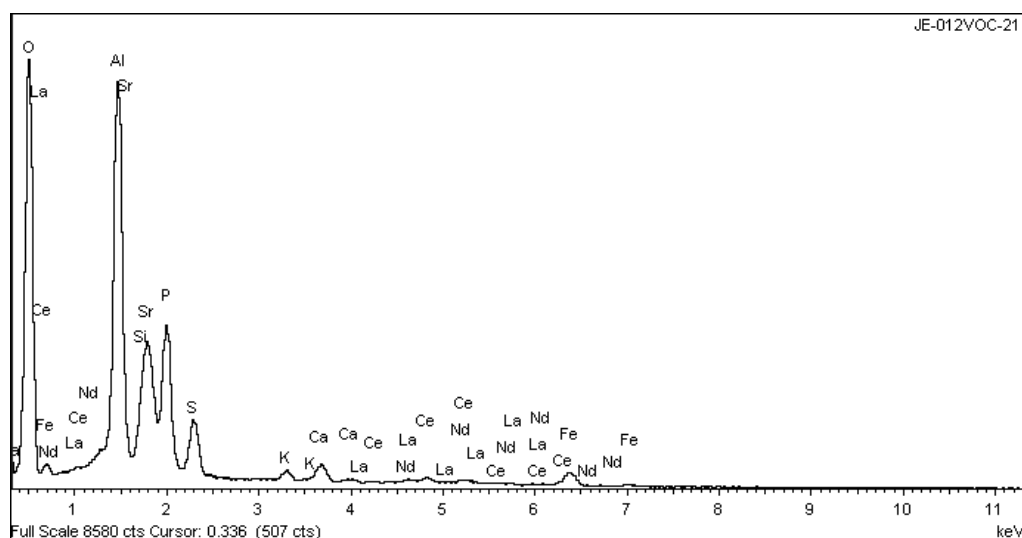
JE-014-SEL
Partícula 30
Sector 01
Cerámica Aragall
Mioceno



JE-024-VOR
Partícula 32
Sector 03
Vinya del Bell.lloc
Mioceno



JE-006-VOC
Partícula 01
Sector 04
Matadepera
Mioceno



JE-012-
VOC
Partícula 21
Sector 04
Viladecavall

Las composiciones químicas obtenidas para estas partículas corresponden a minerales con alta proporción de fósforo y aluminio. La presencia de estroncio, tierras raras, azufre y pequeñas cantidades de arsénico dificultó inicialmente su identificación.

Antes de separar un grupo de partículas para su análisis por DRX, el Dr. Joan Viñals, codirector de esta tesis, experto en química mineral y especialista en el supergrupo de las alunitas, a la vista de los análisis EDS, las identificó como minerales pertenecientes al grupo de la crandallita (goyazita, florencita), sin descartar que alguna pudiera corresponder al grupo de la beudantita (svanbergita, woodhouseita).

Posteriormente se analizó mediante DRX una mezcla de partículas de distintos tamaños correspondientes a un solo afloramiento (JE-008-AN).

Los resultados de la difracción, con valores que destacan ligeramente sobre un fondo algo difuso por la poca cantidad de muestra disponible, confirmaron la presencia **en el conjunto de la muestra** de goyazita, florencita y svanbergita. (Fig.4-Fig.5).

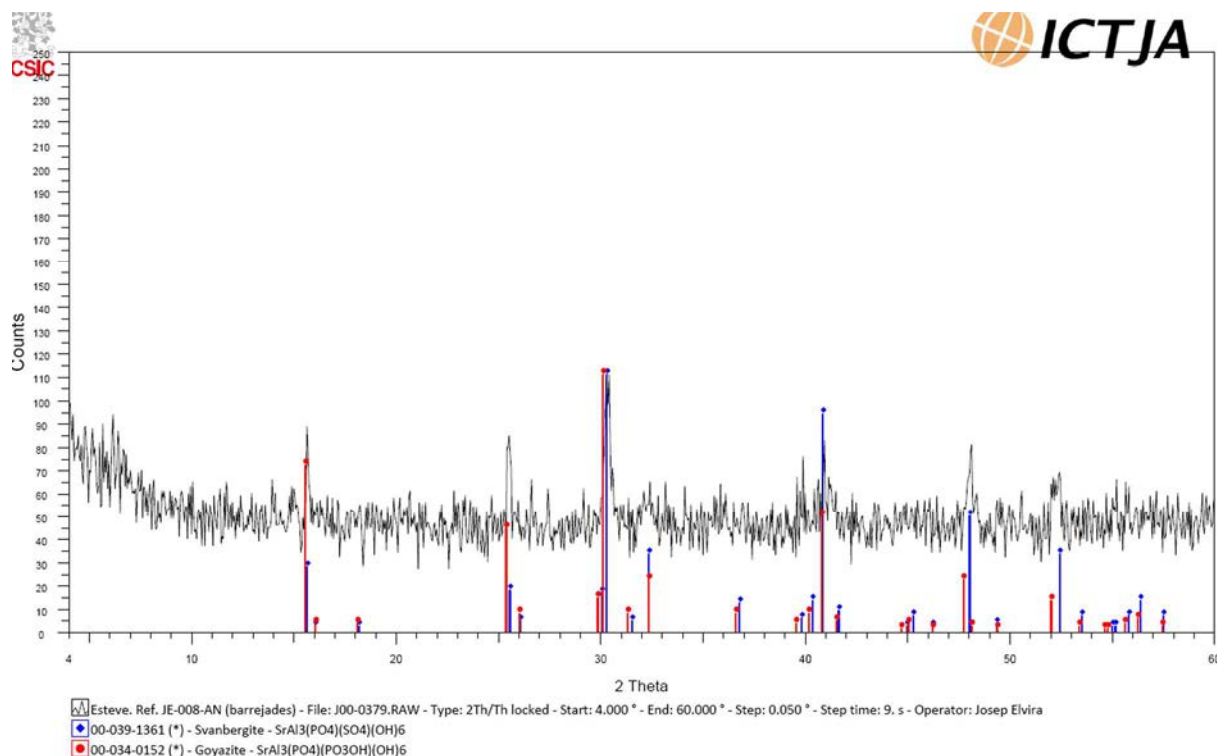


Fig.4: Difracción de rayos X de partículas del afloramiento JE-008-AN donde se identifican valores correspondientes a goyazita y posible svanbergita.

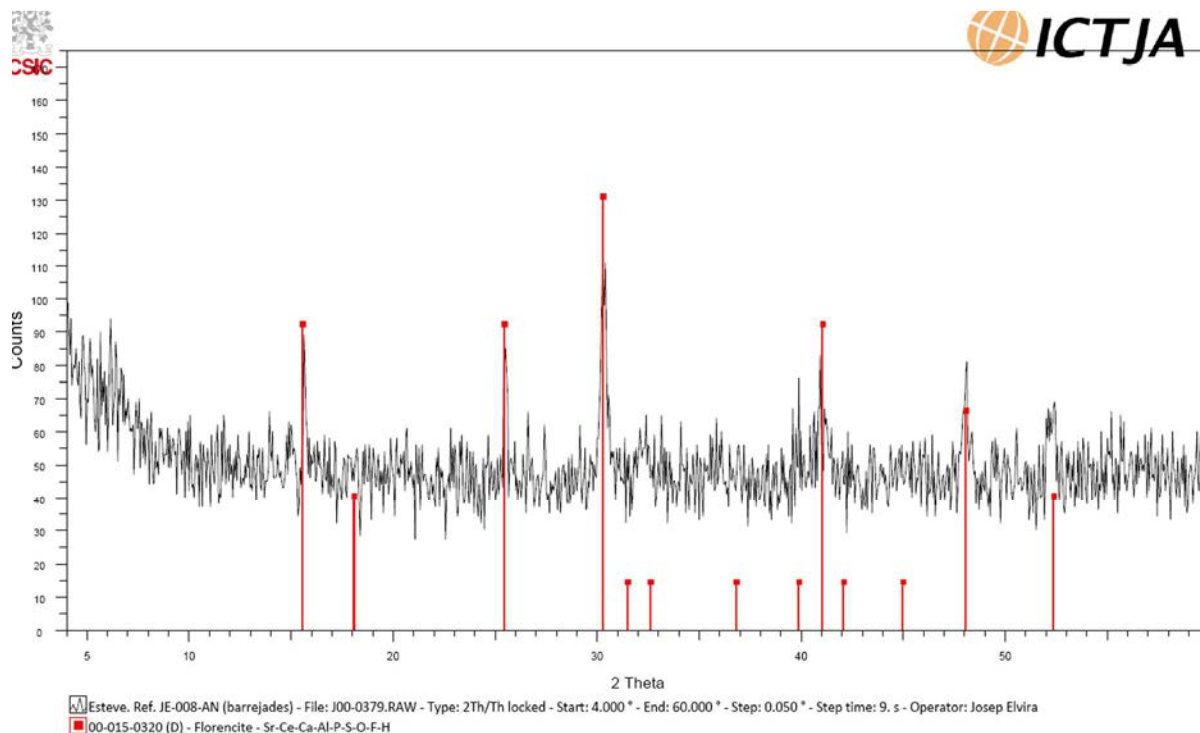


Fig.5: Difracción de rayos X de partículas del afloramiento JE-008-AN donde se identifican valores correspondientes a florencita.

Se exponen dos interpretaciones de un mismo diagrama de rayos X dado que las fichas A.S.T.M que corresponden a goyazita, crandallita, svanbergita, florencita y woodhouseita son muy similares, con pequeñas variaciones en las intensidades relativas y en la presencia de reflexiones menores y por tanto difíciles de separar sobre el fondo existente.

Queda pendiente, para estudios posteriores a la tesis, la obtención de nuevas difracciones con una mayor cantidad de muestra y realizadas sobre el polvo de la fracción $<2\mu\text{m}$ obtenida por sedimentación (métodos de Atterberg), que nos permita disponer de picos bien definidos y poder determinar con más precisión el porcentaje de participación de cada uno de estos minerales.

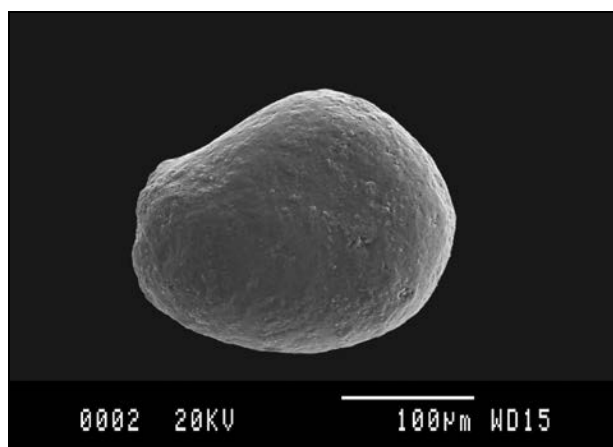
Forma de las partículas

Las morfologías de estas partículas son mayoritariamente de redondeadas a muy redondeadas, algunas con formas subredondeadas.

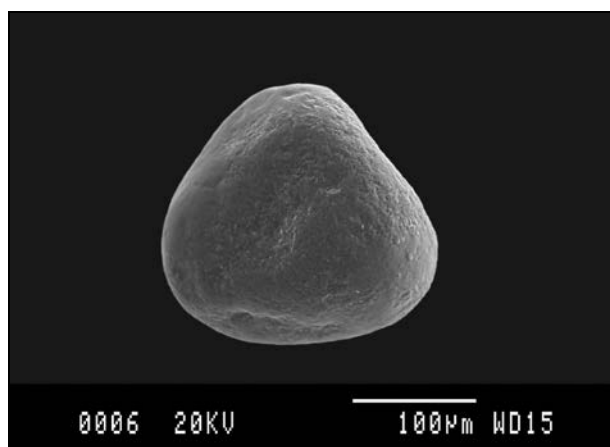
Se presentan como pequeños nódulos criptocristalinos de forma pseudo-ovoide. Como se verá más adelante, ya poseen estas formas en origen, influyendo en menor grado su redondeamiento por transporte.

Las imágenes SEM que se exponen a continuación, se han seleccionado de las partículas situadas sobre los "stubs".

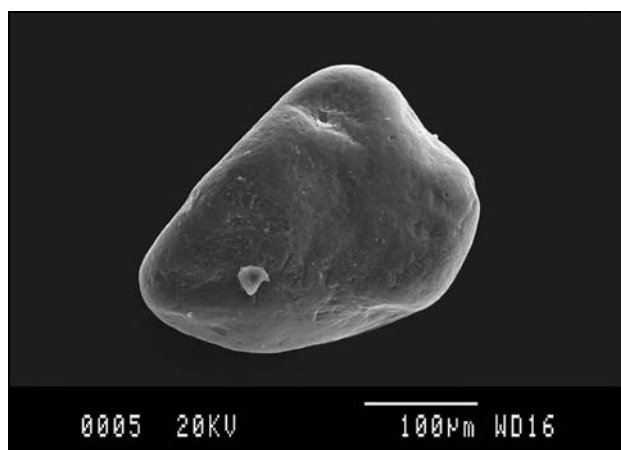
Morfologías (Fotos SEM sobre soporte stub)



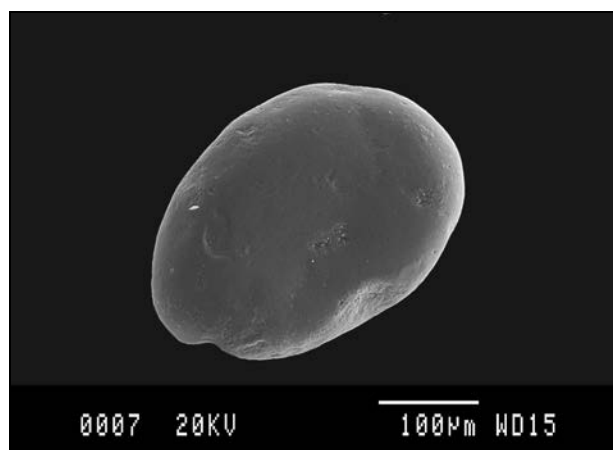
01AN-27 - Partícula redondeada



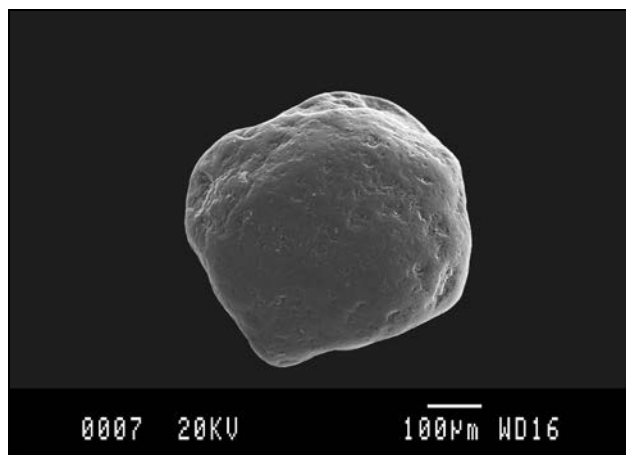
07AP-20a - Partícula muy redondeada



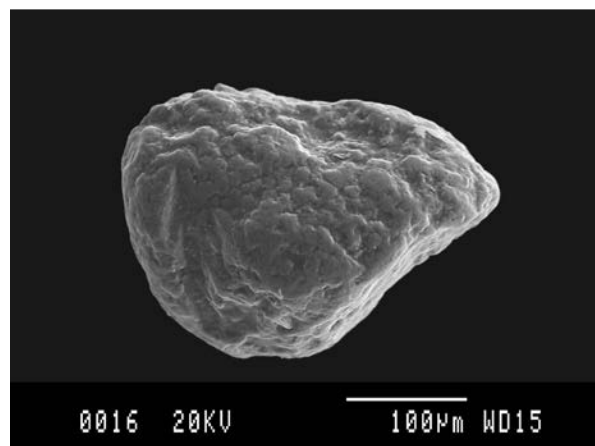
01AN-18 - Partícula redondeada



07AP-20b - Partícula muy redondeada



01AN-10 - Partícula redondeada



07AP-20c - Partícula subredondeada

Resultados analíticos EDS (sobre superficie pulida)

Las partículas situadas sobre un “*stub*” carbonizado que hemos analizado por EDS, presentan en su composición los elementos fundamentales que conforman la fórmula general del supergrupo de las alunitas. No se han detectado: flúor, bario, plomo, samario y gadolinio.

Se preparan ocho probetas pulidas (*Fig.6*) que incluyen partículas de diferentes afloramientos, con los siguientes objetivos fundamentales:

1 - Analizar por EDS sobre superficies limpias, y comprobar si en estas mejores condiciones hay presencia de alguno de los elementos que pueden participar en la fórmula y que no se han detectado en los primeros análisis.

2 - Medir en diferentes puntos de una misma partícula para ver si existen variaciones de composición destacables.

3 - Aplicar “mapping” en algunas de las partículas que hayan presentado estas variaciones de composición para observar la homogeneidad distributiva de los elementos.

4 - Analizar las partículas mediante sonda electrónica (EMPA). Inicialmente programada para cuantificar los elementos detectados y también aquellos que de acuerdo con la fórmula general y las publicaciones consultadas pueden formar parte de su composición.

5 - Con la información obtenida clasificarlas desde el punto de vista mineralógico, construir sus fórmulas y definir su quimismo.

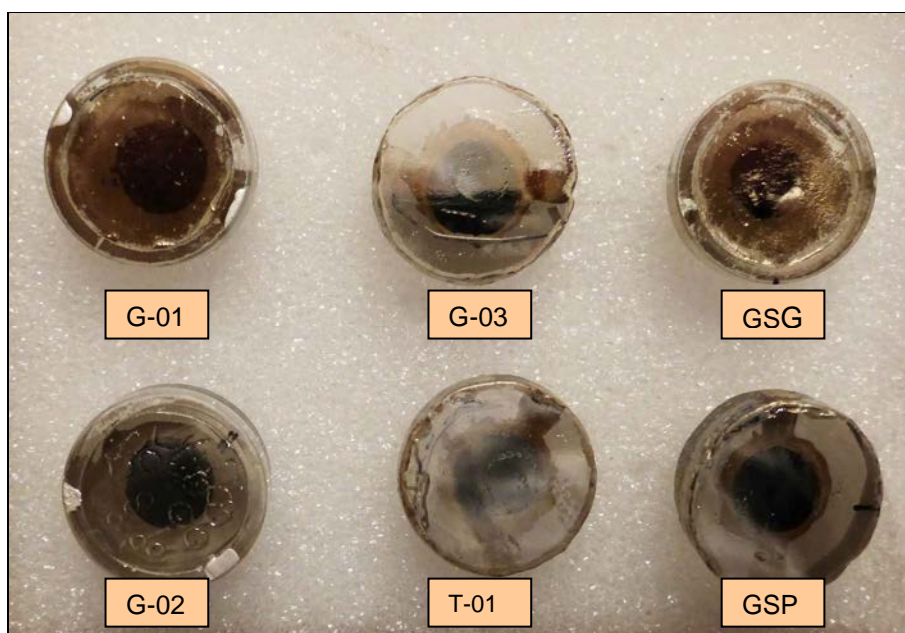


Fig.6: Probetas pulidas, con la superficie carbonizada, donde están incluidas las partículas que se van a analizar por SEM/EDS y microsonda electrónica (EMPA).

Las probetas GSG y GSP se analizan solo por SEM/EDS. La GSP en un solo punto de análisis y la GSG en tres puntos.

Descripción del procedimiento empleado para la confección de las probetas

El procedimiento queda reflejado en el esquema de la (Fig.7).

Se ha dispuesto de moldes cilíndricos de metacrilato en forma de corona circular (1) de dimensiones (25 x 7 x 2mm) para abarcar las partículas que vamos a incluir (2).

Se ha utilizado resina SYNOLITE 0328-A-1F. El catalizador: X-8 x25 (3).

Sobre la superficie de un vidrio de grosor $\geq 15\text{mm}$ (4), untamos muy ligeramente con vaselina la zona donde vamos a depositar las partículas (5). La vaselina aumenta la adherencia de las partículas al vidrio y en general evita que estas floten al añadir la resina (6), facilitando también la separación de la probeta una vez esta se ha secado y compactado.

Se desbasta y pule de forma gradual la superficie más próxima a las partículas, hasta que estas aparezcan suficientemente. Se abrillanta con polvo de alúmina (7).

La superficie pulida de las probetas destinadas para EMPA se carboniza de forma especial.

La superficie pulida de las probetas destinadas a SEM/EDS se carboniza, se le adhiere un stub a la base (8) y se pintan de forma estratégica con polvo de plata en suspensión de acetona unas líneas para mejorar la conductividad (9).

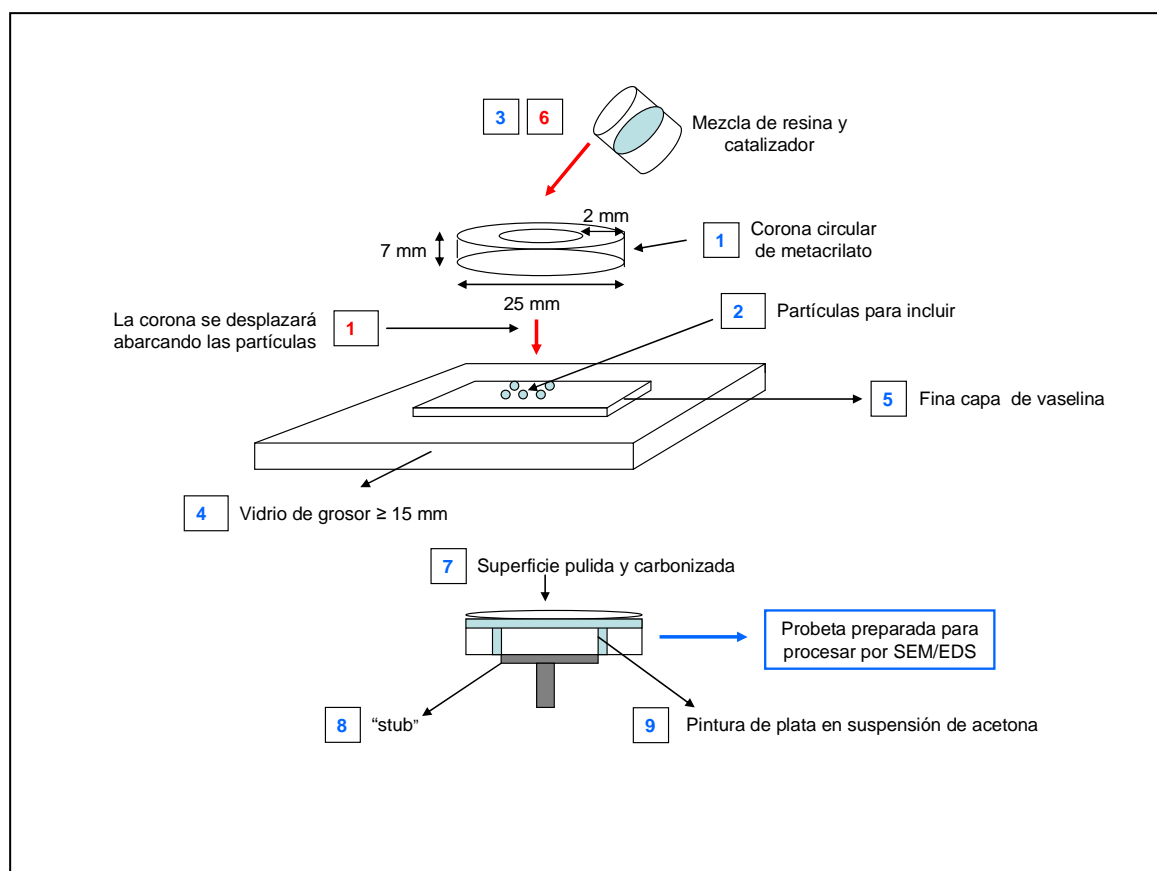
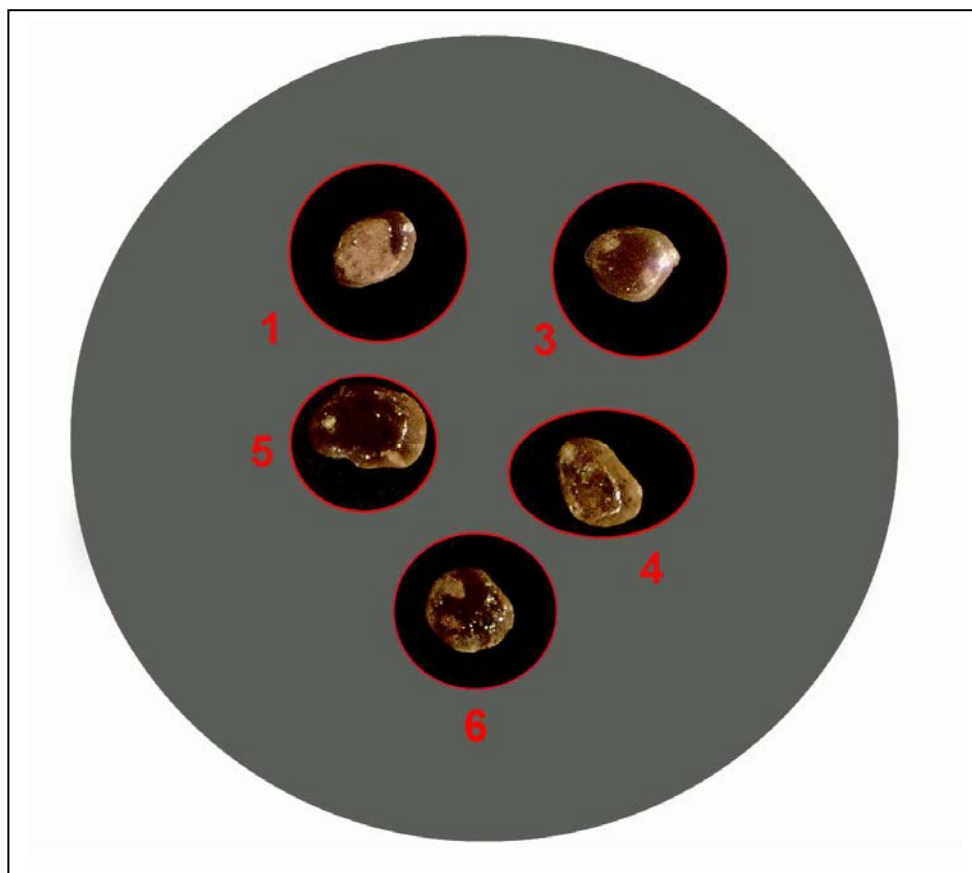


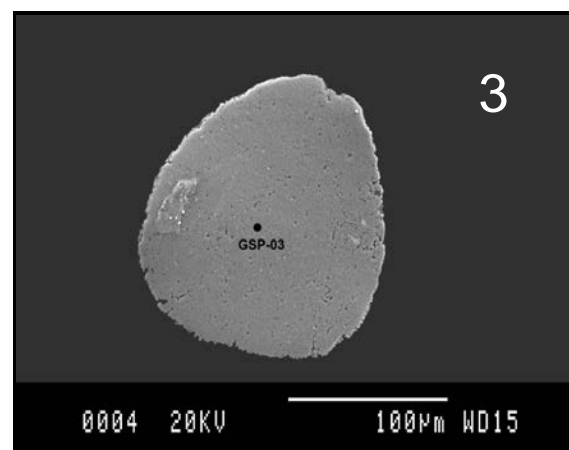
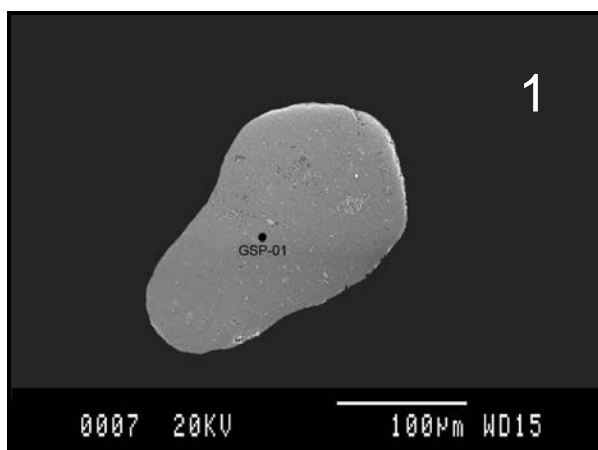
Fig.7: Esquema del proceso de confección de las probetas utilizadas en los análisis efectuados mediante SEM/EDS y EMPA.

Probeta - GSP (análisis por SEM/EDS)



Un solo punto de análisis por partícula (Tabla 4)

| Probeta GSP | | | | | | |
|-------------------------------------|------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| Afloramiento | nº partículas | Puntos de análisis en cada partícula | | | | |
| | | 1 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| JE-008-AN B. Can Mata Mioceno | 5 (1,3,4,5,6) | GSP-01 | GSP-03 | GSP-04 | GSP-05 | GSP-06 |



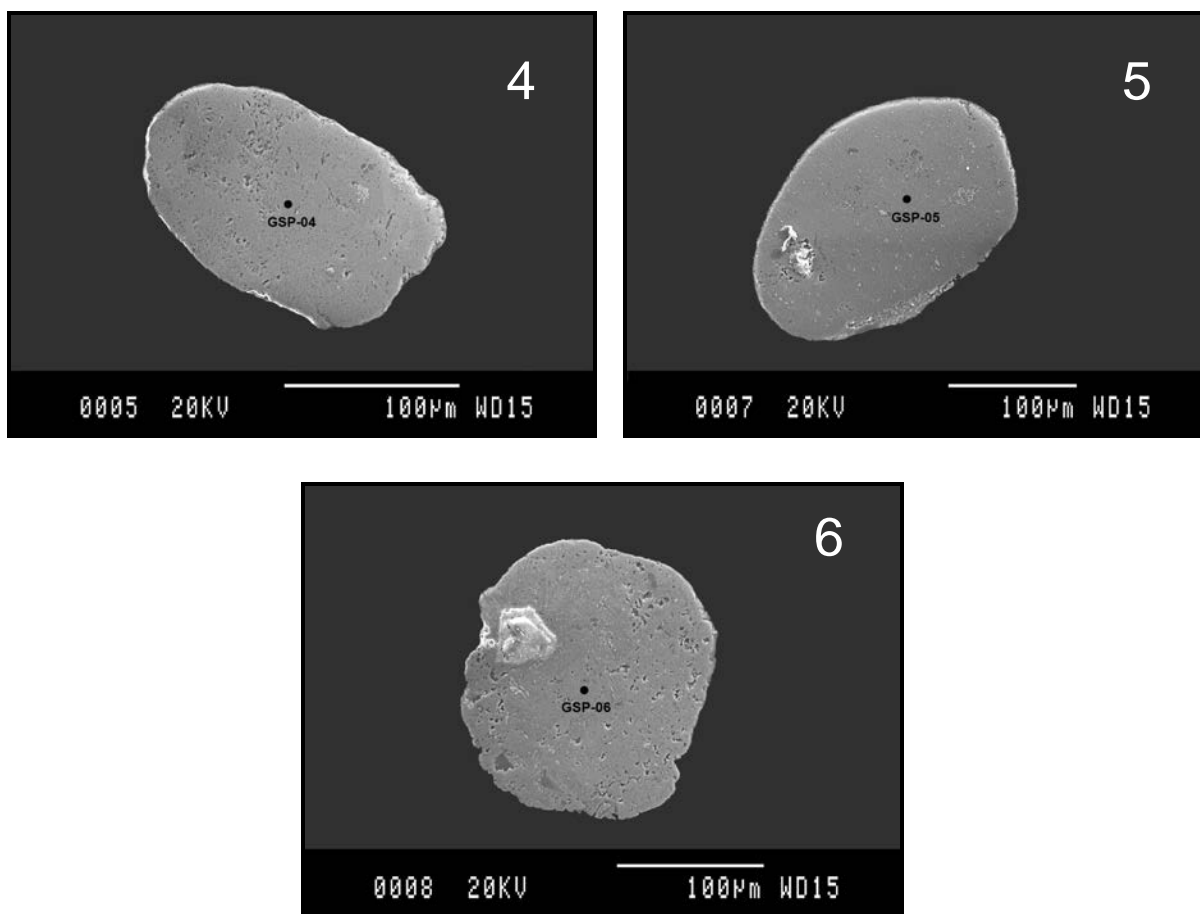
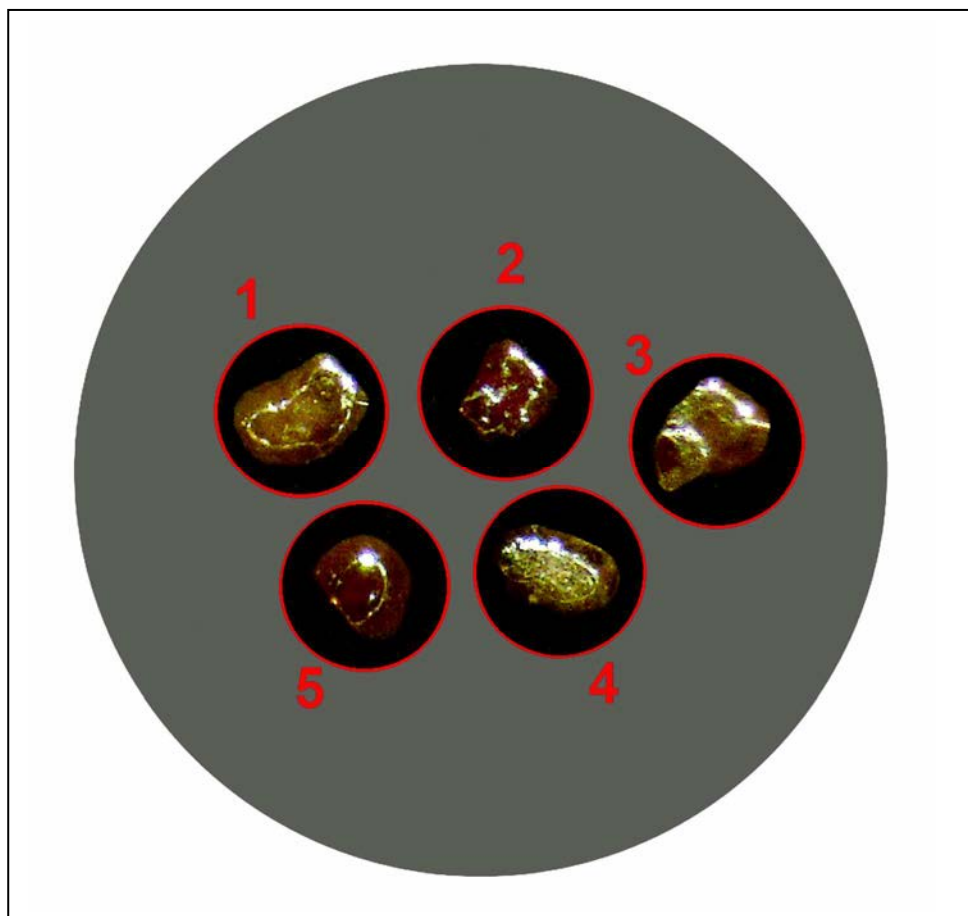


Tabla 4: Resultados analíticos de la probeta GSP

| Elemento | Partículas analizadas en un solo punto | | | | | | | | | |
|----------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | GSP-01 | | GSP-03 | | GSP-04 | | GSP-05 | | GSP-06 | |
| | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% |
| O K | 43,85 | 67,20 | 46,98 | 68,41 | 44,10 | 67,18 | 46,45 | 68,33 | 45,81 | 67,25 |
| Al K | 16,59 | 15,07 | 16,61 | 14,34 | 16,48 | 14,89 | 16,26 | 14,18 | 16,11 | 14,02 |
| Si K | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P K | 10,74 | 8,50 | 10,13 | 7,62 | 10,91 | 8,58 | 12,05 | 9,16 | 8,71 | 6,60 |
| S K | 3,31 | 2,53 | 4,72 | 3,43 | 3,12 | 2,37 | 3,08 | 2,26 | 6,26 | 4,58 |
| K K | 0,21 | 0,13 | 0,16 | 0,10 | 0,14 | 0,09 | - | - | 1,20 | 0,72 |
| Ca K | 1,37 | 0,84 | 1,15 | 0,67 | 1,98 | 1,21 | 1,85 | 1,09 | 1,45 | 0,85 |
| Fe K | 0,83 | 0,37 | 1,92 | 0,80 | 1,09 | 0,48 | 1,08 | 0,46 | 5,36 | 2,25 |
| As L | 1,15 | 0,38 | 0,81 | 0,25 | 1,46 | 0,47 | 0,85 | 0,27 | 0,37 | 0,12 |
| Sr L | 10,87 | 3,04 | 14,80 | 3,94 | 10,92 | 3,04 | 11,70 | 3,14 | 11,28 | 3,02 |
| La L | 3,47 | 0,61 | - | - | 2,98 | 0,18 | 2,21 | 0,37 | - | - |
| Ce L | 6,26 | 1,10 | 1,87 | 0,31 | 5,63 | 0,98 | 2,59 | 0,44 | 2,65 | 0,44 |
| Nd L | 1,35 | 0,23 | 0,82 | 0,13 | 1,18 | 0,20 | 1,88 | 0,31 | 0,80 | 0,13 |
| Pr L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Totals | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

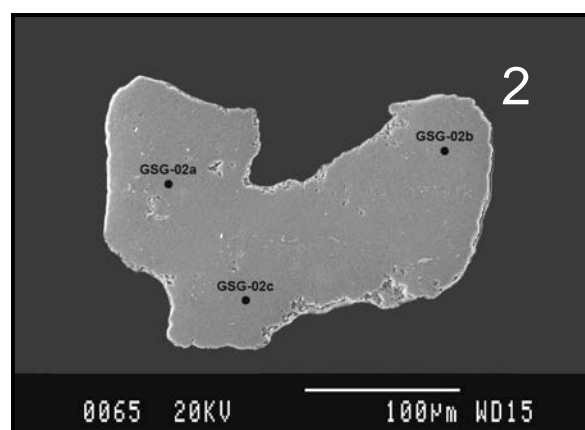
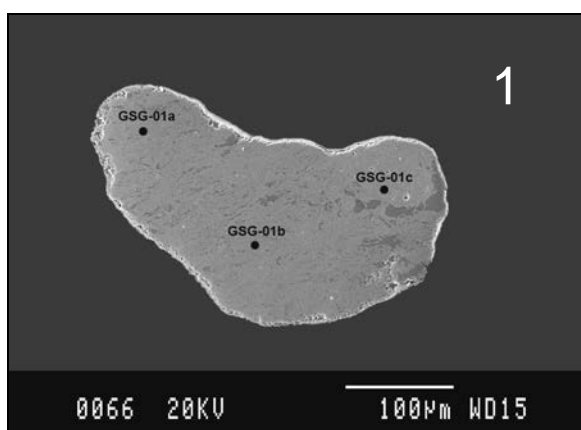
Conclusiones: Sin presencia destacable de silicio. La partícula GSP-06 presenta un valor elevado de Fe. (A%Al) > (A%Fe) en todas. (A%Sr) predominante en A. No se detecta praseodimio.

Probeta - GSG (análisis por SEM/EDS)



Tres puntos de análisis por partícula (Tablas 5-6-7)

| Probeta GSG | | | | | | |
|-------------------------------------|----------------|--------------------------------------|---------|---------|---------|---------|
| Afloramiento | nº part | Puntos de análisis en cada partícula | | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| JE-008-AN B. Can Mata Mioceno | 5 1,2,3,4,5 | GSG-01a | GSG-02a | GSG-03a | GSG-04a | GSG-05a |
| | | GSG-01b | GSG-02b | GSG-03b | GSG-04b | GSG-05b |
| | | GSG-01c | GSG-02c | GSG-03c | GSG-04c | GSG-05c |



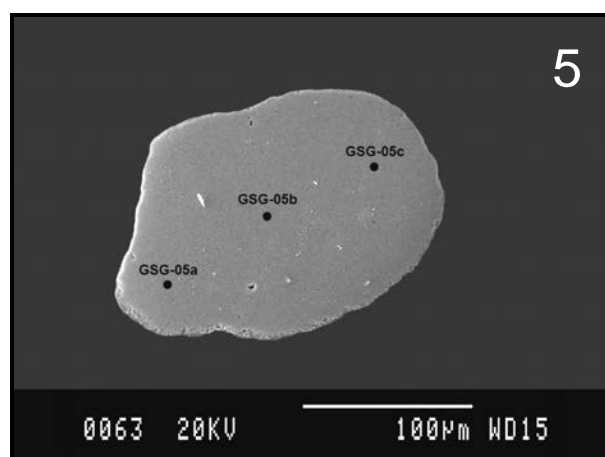
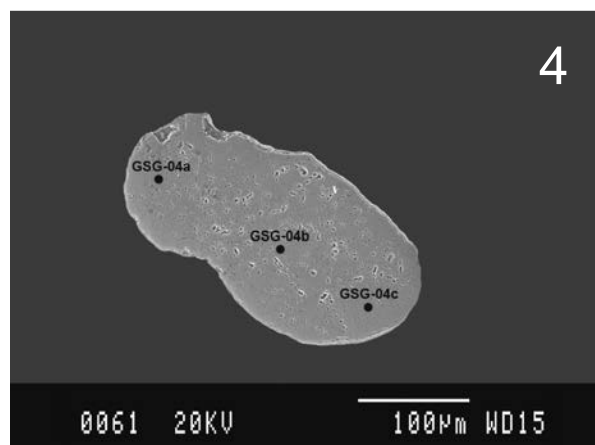
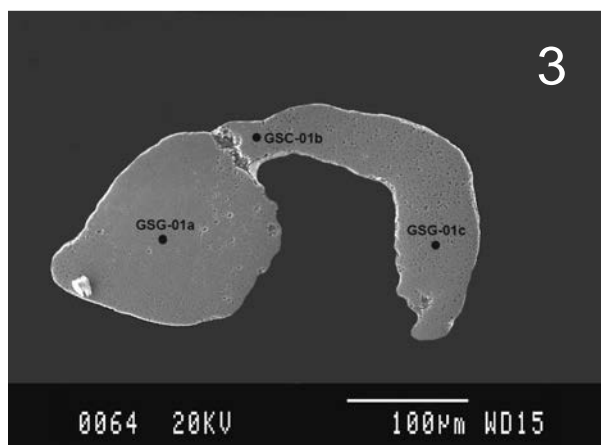


Tabla 5: Resultados analíticos de la probeta GSG (partículas 01a-01b-01c-02a-02b)

| Elemento | Puntos de análisis | | | | | | | | | |
|----------|--------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | GSG-01a | | GSG-01b | | GSG-01c | | GSG-02a | | GSG-02b | |
| | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% |
| O K | 48,22 | 69,57 | 46,38 | 68,46 | 44,80 | 68,14 | 46,26 | 67,52 | 46,46 | 67,57 |
| Al K | 14,55 | 12,45 | 15,25 | 13,35 | 15,19 | 13,69 | 16,96 | 14,68 | 17,02 | 14,68 |
| Si K | 4,97 | 4,08 | 4,04 | 3,39 | - | - | - | - | - | - |
| P K | 9,59 | 7,14 | 10,04 | 7,65 | 10,49 | 8,24 | 10,30 | 7,77 | 10,99 | 8,25 |
| S K | 1,77 | 1,28 | 1,53 | 1,13 | 2,10 | 1,60 | 5,68 | 4,14 | 5,20 | 3,77 |
| K K | 0,62 | 0,37 | 0,71 | 0,43 | - | - | 0,18 | 0,11 | 0,24 | 0,14 |
| Ca K | 2,06 | 1,19 | 2,35 | 1,38 | 2,70 | 1,64 | 1,09 | 0,64 | 1,35 | 0,78 |
| Fe K | 0,66 | 0,27 | 0,52 | 0,22 | 5,53 | 2,41 | 0,71 | 0,30 | 0,35 | 0,15 |
| As L | 0,75 | 0,23 | 0,80 | 0,25 | 0,60 | 0,19 | 0,65 | 0,20 | 0,46 | 0,14 |
| Sr L | 6,63 | 1,75 | 6,26 | 1,69 | 8,27 | 2,30 | 16,27 | 4,34 | 15,51 | 4,12 |
| La L | 4,54 | 0,75 | 5,83 | 0,99 | 4,62 | 0,81 | - | - | - | - |
| Ce L | 4,28 | 0,70 | 4,97 | 0,84 | 4,14 | 0,72 | 1,91 | 0,32 | 1,82 | 0,30 |
| Nd L | 0,97 | 0,15 | 1,04 | 0,17 | 1,16 | 0,20 | - | - | 0,60 | 0,10 |
| Pr L | 0,38 | 0,06 | 0,29 | 0,05 | 0,31 | 0,05 | - | - | - | - |
| Sm L | - | - | - | - | 0,09 | 0,01 | - | - | - | - |
| Totals | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Conclusiones: Valores elevados de silicio en GSG-01a y GSD-01b y de Fe en GSG-01c. Se detecta samario. (A%Al) siempre superior a (A%Fe). (A%Sr) predominante en A, excepto en GSG-01b donde hay predominio de REE.

Tabla 6: Resultados analíticos de la probeta GSG (partículas 02c-03a-03b-03c-04a)

| Elemento | Puntos de análisis | | | | | | | | | |
|----------|--------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | GSG-02c | | GSG-03a | | GSG-03b | | GSG-03c | | GSG-04a | |
| | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% |
| O K | 46,70 | 67,97 | 44,81 | 68,00 | 45,90 | 68,32 | 45,43 | 67,54 | 43,72 | 67,99 |
| Al K | 16,65 | 14,37 | 16,44 | 14,80 | 16,63 | 14,68 | 16,93 | 14,92 | 16,10 | 14,84 |
| Si K | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P K | 10,36 | 7,79 | 10,34 | 8,11 | 10,39 | 7,98 | 10,82 | 8,31 | 10,80 | 8,68 |
| S K | 5,27 | 3,83 | 3,33 | 2,52 | 3,63 | 2,70 | 3,78 | 2,81 | 2,09 | 1,63 |
| K K | - | - | - | - | - | - | 0,16 | 0,10 | 0,20 | 0,13 |
| Ca K | 1,48 | 0,86 | 1,32 | 0,80 | 1,38 | 0,82 | 1,44 | 0,86 | 1,62 | 1,01 |
| Fe K | 1,19 | 0,50 | 0,43 | 0,19 | 0,39 | 0,17 | 0,62 | 0,26 | 0,53 | 0,24 |
| As L | 0,62 | 0,19 | 2,15 | 0,70 | 2,11 | 0,67 | 1,94 | 0,62 | 1,86 | 0,62 |
| Sr L | 15,56 | 4,13 | 12,29 | 3,41 | 13,19 | 3,58 | 13,68 | 3,71 | 7,35 | 2,09 |
| La L | - | - | 1,62 | 0,28 | 1,31 | 0,22 | - | - | 5,53 | 0,99 |
| Ce L | 2,18 | 0,36 | 4,97 | 0,86 | 4,13 | 0,70 | 4,23 | 0,72 | 8,48 | 1,51 |
| Nd L | - | - | 1,35 | 0,23 | 0,93 | 0,15 | 0,96 | 0,16 | 1,71 | 0,29 |
| Pr L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Pb M | - | - | 0,94 | 0,11 | - | - | - | - | - | - |
| Totals | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Conclusiones: No hay presencia destacable de silicio. Se detecta plomo. (A%Al) siempre superior a (A%Fe). (A%Sr) predominante en A, excepto en GSG-04a donde hay predominio de REE.

Tabla 7: Resultados analíticos de la probeta GSG (partículas 04b-04c-05a-05b-05c)

| Elemento | Puntos de análisis | | | | | | | | | |
|----------|--------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | GSG-04b | | GSG-04c | | GSG-05a | | GSG-05b | | GSG-05c | |
| | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% |
| O K | 43,04 | 67,35 | 40,77 | 65,49 | 46,21 | 68,40 | 44,03 | 66,73 | 44,30 | 66,59 |
| Al K | 16,35 | 15,17 | 15,85 | 15,10 | 16,04 | 14,08 | 16,95 | 15,24 | 17,05 | 15,19 |
| Si K | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| P K | 10,88 | 8,79 | 9,93 | 8,24 | 10,53 | 8,05 | 11,59 | 9,07 | 11,37 | 8,83 |
| S K | 2,66 | 2,08 | 2,81 | 2,25 | 4,52 | 3,34 | 3,59 | 2,72 | 4,21 | 3,16 |
| K K | 0,40 | 0,25 | 0,39 | 0,26 | - | - | - | - | 0,29 | 0,18 |
| Ca K | 1,40 | 0,87 | 1,32 | 0,85 | 1,40 | 0,83 | 1,59 | 0,96 | 1,56 | 0,94 |
| Fe K | - | - | 5,12 | 2,36 | 1,25 | 0,53 | 0,69 | 0,30 | 0,64 | 0,28 |
| As L | 1,29 | 0,43 | 1,73 | 0,59 | 0,31 | 0,10 | 0,39 | 0,13 | 0,25 | 0,08 |
| Sr L | 7,10 | 2,03 | 7,47 | 2,19 | 13,75 | 3,72 | 11,59 | 3,21 | 12,35 | 3,39 |
| La L | 6,91 | 1,25 | 5,16 | 0,95 | 1,46 | 0,25 | 2,96 | 0,52 | 2,37 | 0,41 |
| Ce L | 8,53 | 1,52 | 7,80 | 1,43 | 2,53 | 0,43 | 4,49 | 0,78 | 3,93 | 0,68 |
| Nd L | 1,44 | 0,25 | 1,65 | 0,29 | 1,03 | 0,17 | 2,13 | 0,36 | 1,68 | 0,28 |
| Pr L | - | - | - | - | 0,31 | 0,05 | - | - | - | - |
| Pb M | - | - | - | - | 0,97 | 0,11 | - | - | - | - |
| Totals | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Conclusiones: No hay presencia destacable de silicio. Valor elevado de Fe en GSG-04c. Se detecta plomo. (A%Al) siempre superior a (A%Fe). REE predominante en A en GSG-04b y GSG-04c. (A%Sr) predominante en A en GSG-05a, GSG-05b y GSG-05c.

Comentarios de los resultados analíticos obtenidos en las probetas GSP y GSG

Se ha detectado la presencia de samario y plomo.

Hay elementos que presentan variaciones destacables de concentración en puntos distintos de una misma partícula.

“Mapping” aplicado a partículas de la probeta GSG (Figuras 8-9-10-11)

Partícula GSG-01

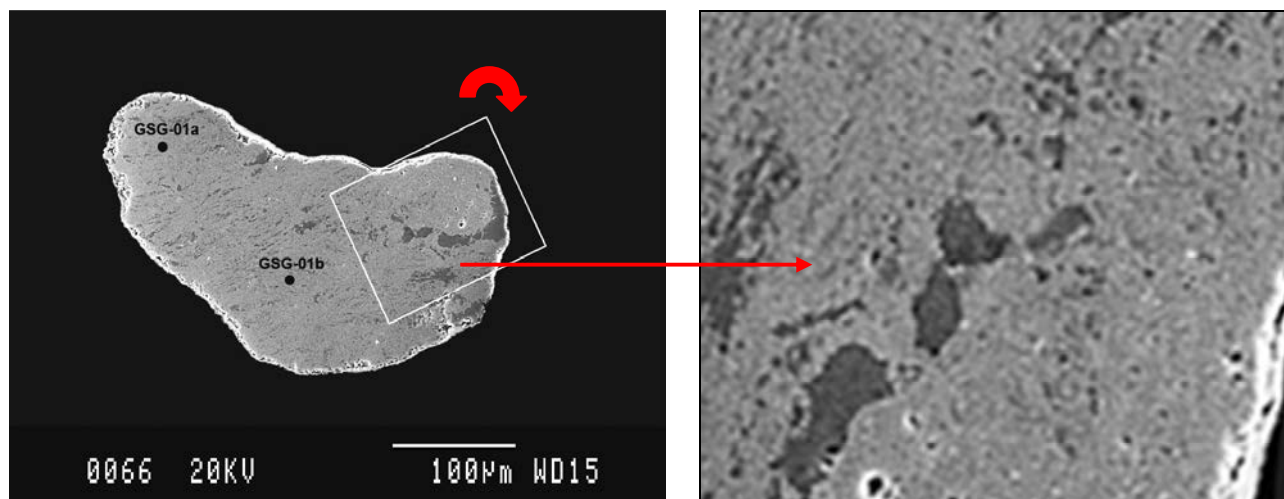


Fig.8: Sector seleccionado para “mapping” de la partícula GSG-01 que incluye el punto GSG-01c

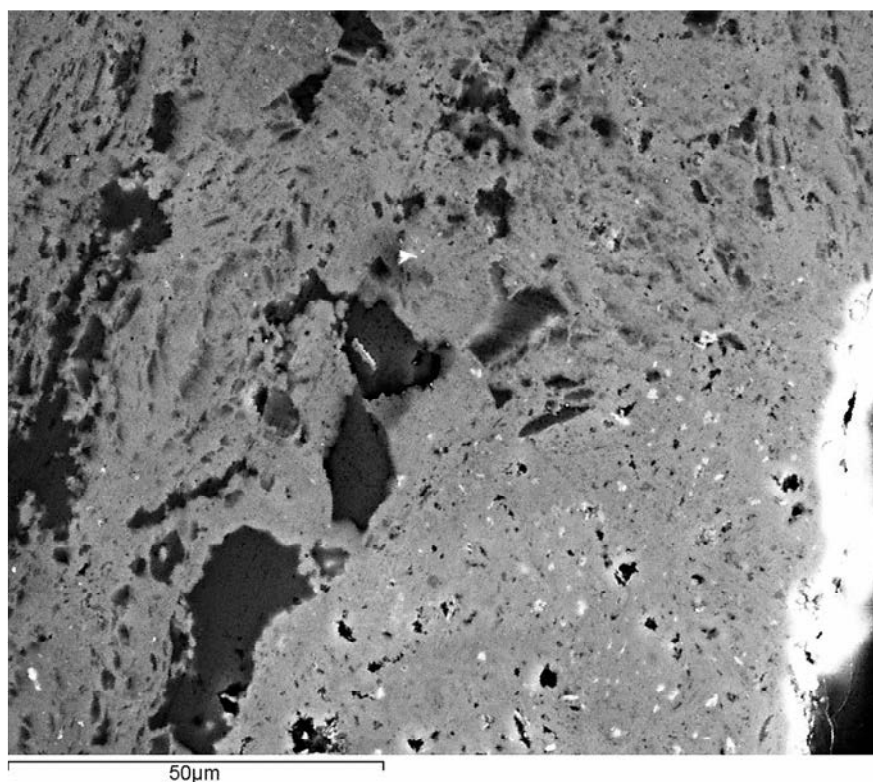
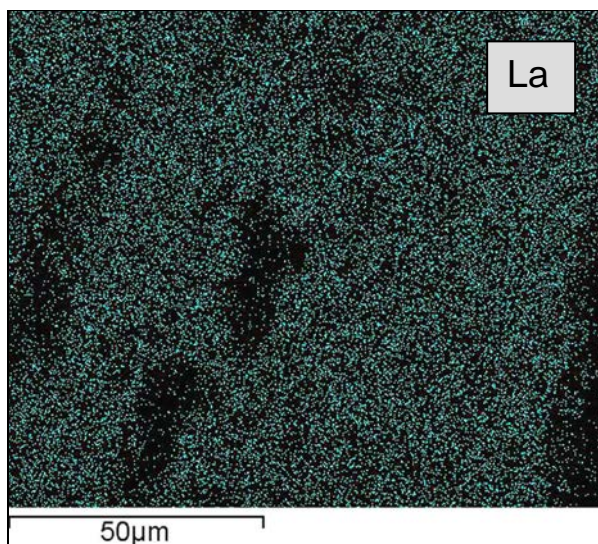
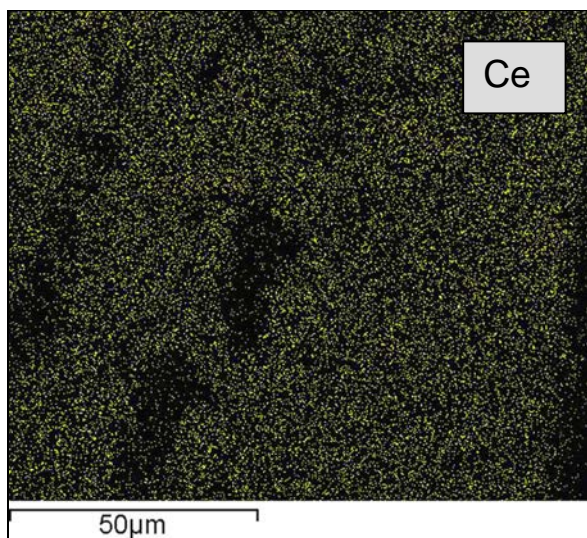
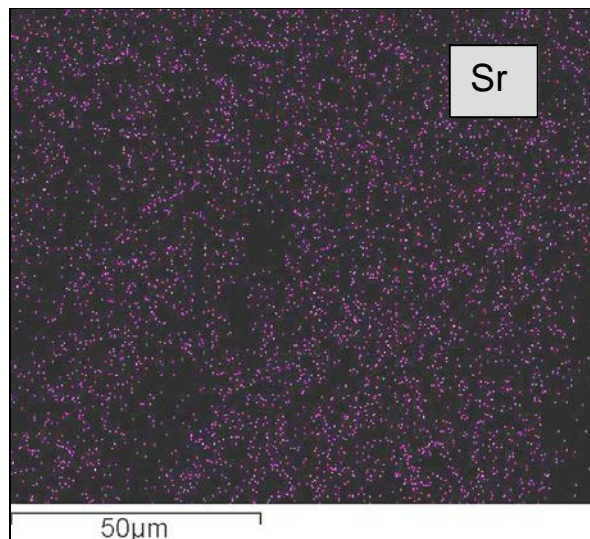
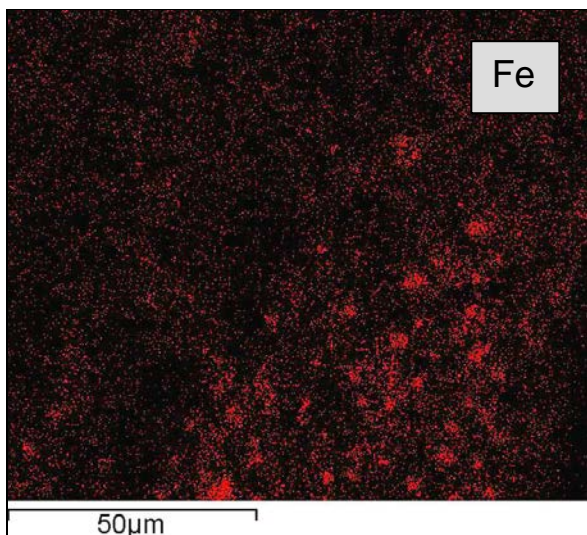
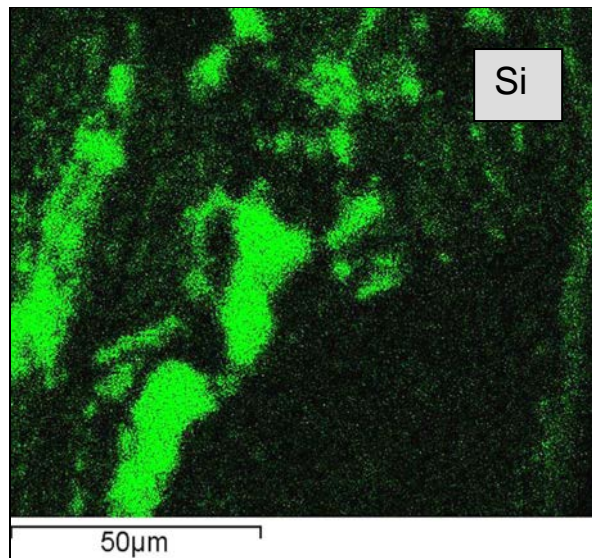
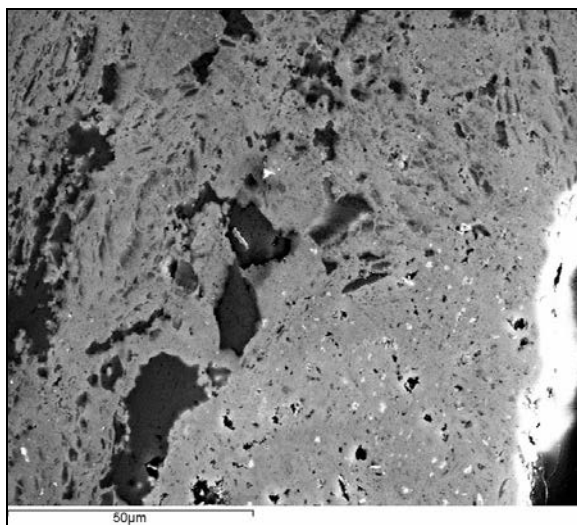


Fig.9: Obsérvese las zonas de color negro y los puntos de color blanco a la derecha de la imagen.

Resultados de la aplicación de “mapping” para los elementos Si, Fe, Sr, Ce y La.



Partícula GSG-02

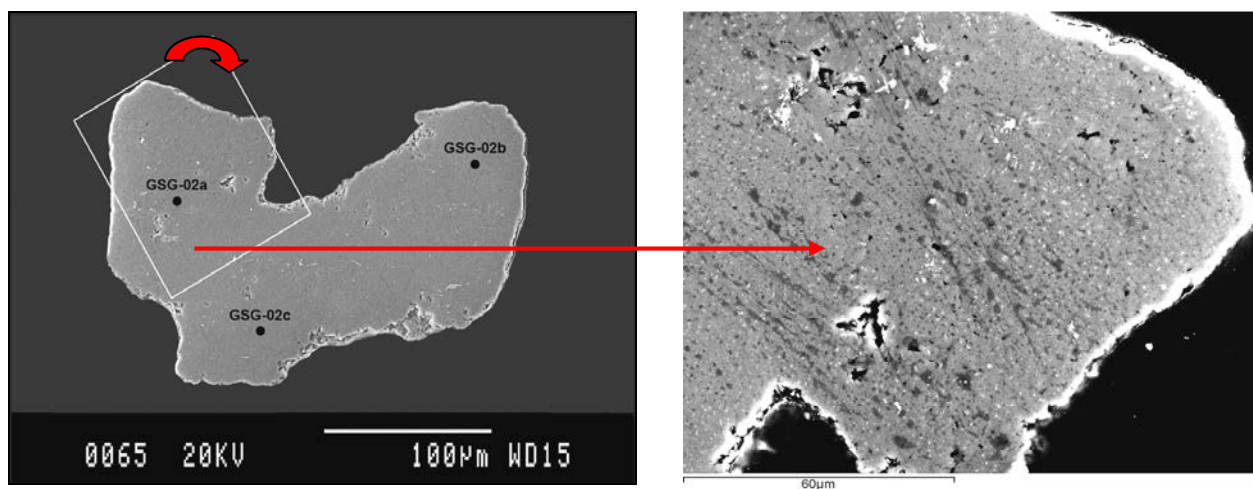
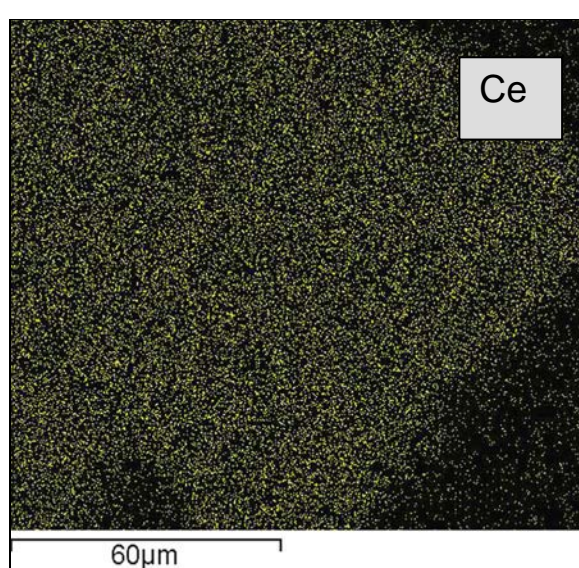
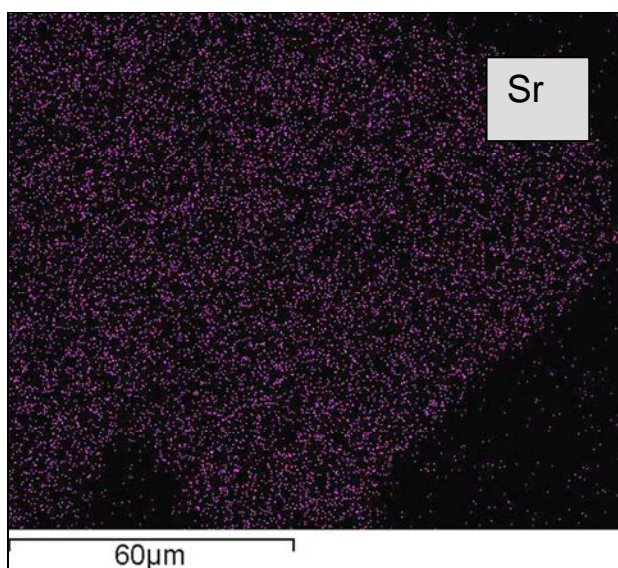
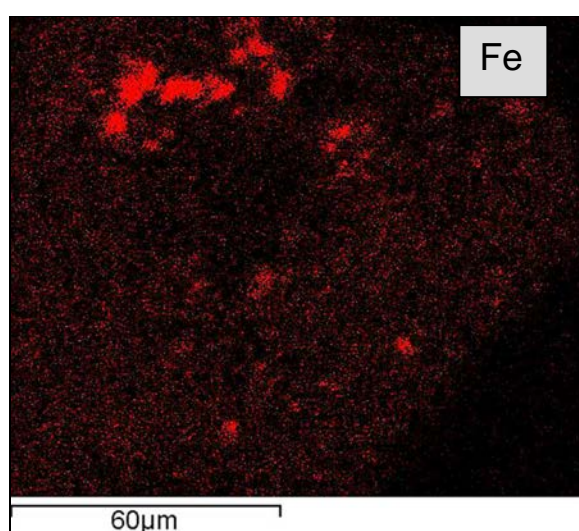
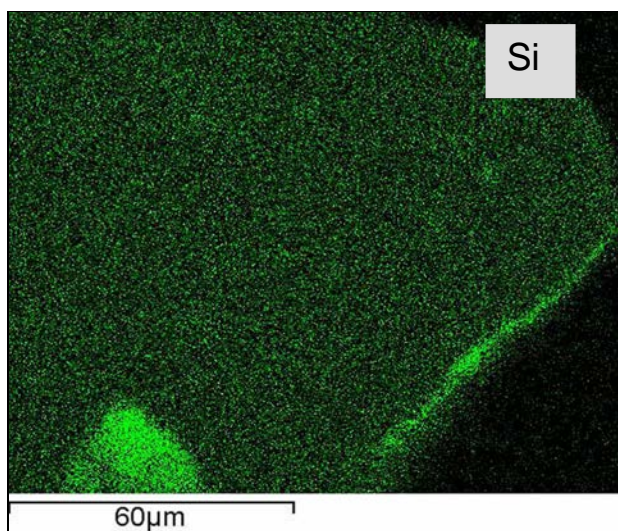


Fig. 10: Sector seleccionado para "mapping" de la partícula GSG-02 que incluye el punto GSG-02a



Partícula GSG-04

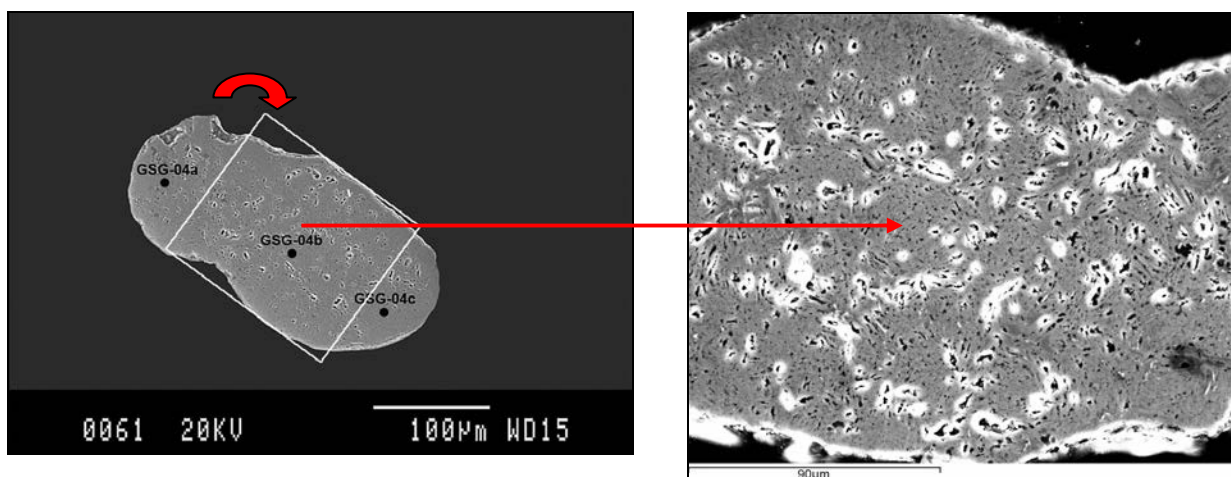
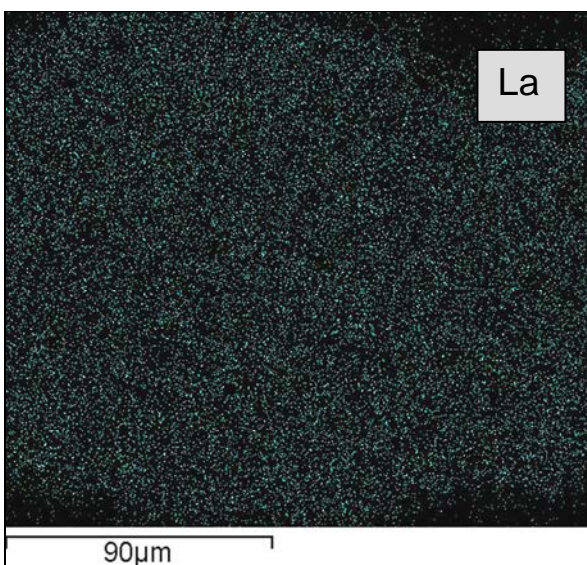
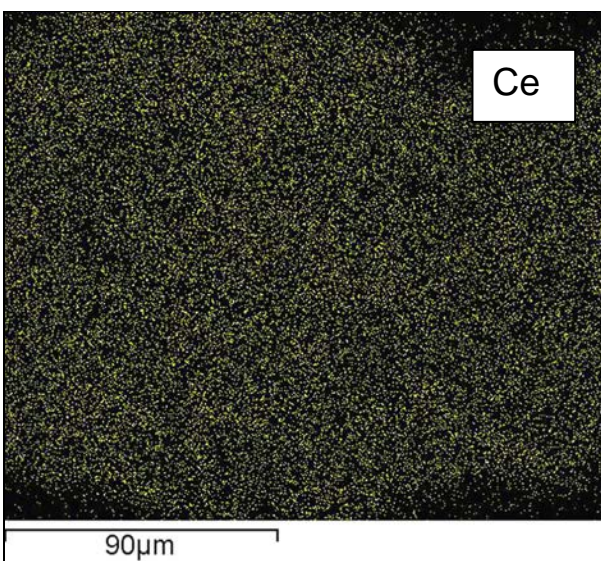
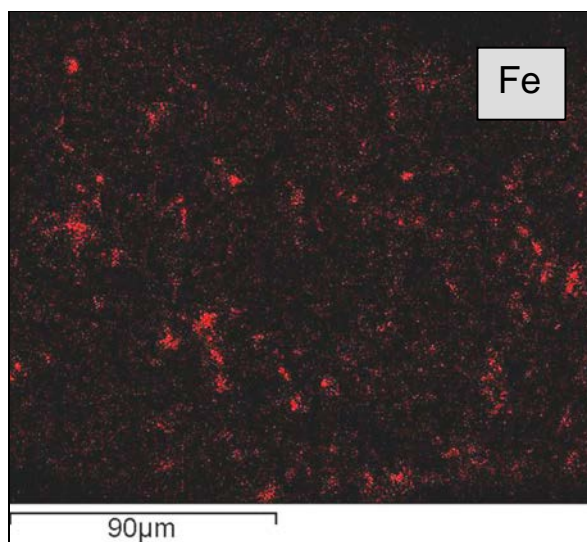
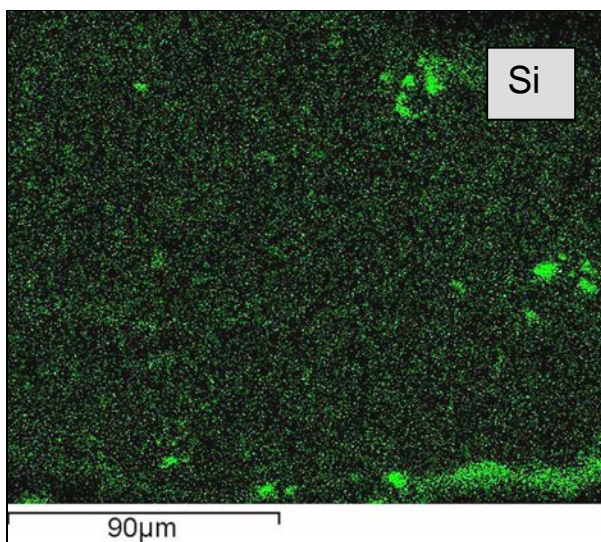


Fig.11: Sector seleccionado para "mapping" de la partícula GSG-04 que incluye el punto GSG-04b



Resultados obtenidos de la observación de los “mappings”

El estroncio y las tierras raras (cerio y lantano) se distribuyen uniformemente en toda la partícula.

El silicio presenta sobre un fondo bastante uniforme unas zonas de mayor concentración (color negro en la imagen) que corresponden a inclusiones de cuarzo. (Tabla 8)

El hierro sobre un fondo menos uniforme, presenta también zonas de mayor concentración (puntos blancos en la imagen) que corresponden a óxidos de hierro. (Tabla 9)

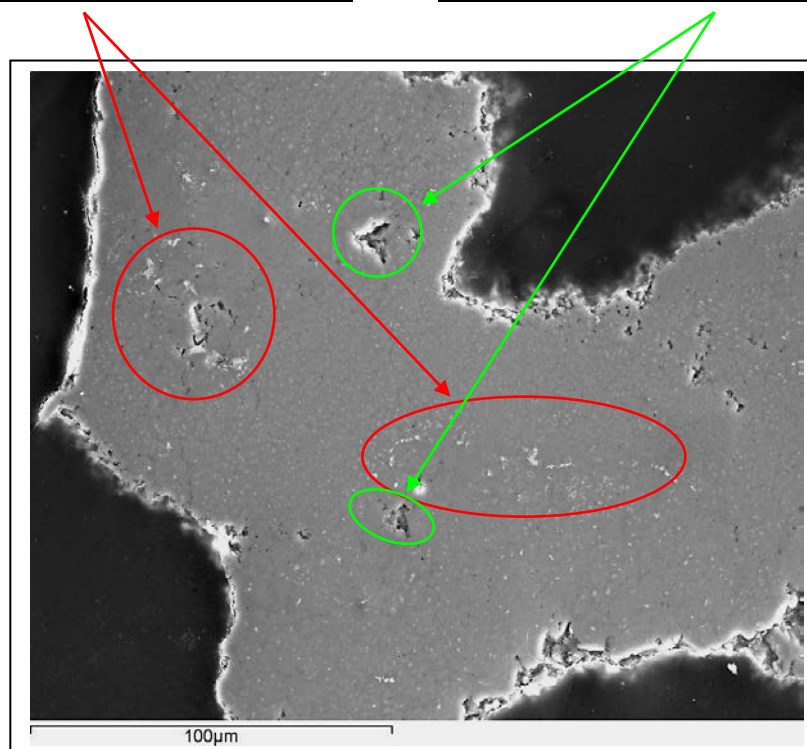
A la vista de estos resultados, se deduce, que los valores del estroncio y las tierras raras presentan una distribución homogénea y sin variaciones importantes dentro de la misma partícula, mientras que el silicio y el hierro, que también forman parte de la composición del mineral, dan lugar a concentraciones intersticiales localmente importantes, lo que supone, que según sea el punto de análisis, se obtengan valores más elevados de los que corresponderían por fórmula.

Tabla 9: Concentración Fe (puntos blancos)

| Elemento | Wt% | Wt% | A% |
|----------|--------|-------|-------|
| | | Sigma | |
| O K | 31,88 | 0,30 | 57,88 |
| Na K | 0,32 | 0,10 | 0,41 |
| Al K | 7,14 | 0,12 | 7,68 |
| Si K | 2,94 | 0,11 | 3,04 |
| P K | 2,98 | 0,10 | 2,79 |
| S K | 1,35 | 0,07 | 1,23 |
| K K | 0,23 | 0,05 | 0,17 |
| Ca K | 0,62 | 0,06 | 0,45 |
| Ti K | 0,25 | 0,06 | 0,45 |
| Fe K | 47,01 | 0,31 | 24,45 |
| Sr L | 5,28 | 0,27 | 1,75 |
| Totales | 100.00 | | |

Tabla 8: Concentración Si (puntos negros)

| Elemento | Wt% | Wt% | A% |
|----------|--------|-------|-------|
| | | Sigma | |
| O K | 38,80 | 0,37 | 60,06 |
| Mg K | 0,23 | 0,06 | 0,23 |
| Al K | 16,15 | 0,18 | 14,45 |
| Si K | 9,85 | 0,17 | 8,46 |
| P K | 6,58 | 0,15 | 5,13 |
| S K | 3,09 | 0,10 | 2,33 |
| K K | 0,96 | 0,07 | 0,59 |
| Ca K | 1,69 | 0,08 | 1,02 |
| Fe K | 11,22 | 0,21 | 4,85 |
| Sr L | 10,42 | 0,38 | 2,87 |
| Totales | 100.00 | | |



Resultados analíticos EMPA (sobre superficie pulida)

Se inician los análisis con microsonda, programada para los elementos identificados por SEM/EDS más el bario, añadiendo posteriormente flúor y gadolinio.

A la vista de los resultados de los primeros análisis, se decide no analizar sodio, plomo y samario, por su poco contenido y por su escaso intervalo de confianza de la concentración.

Los elementos que finalmente se van a analizar para el estudio de estas partículas (composición, fórmulas, clasificación mineralógica y grados de sustitución) serán: Oxígeno, flúor, aluminio, silicio, fósforo, azufre, potasio, calcio, hierro, arsénico, estroncio, bario, lantano, cerio, praseodimio, neodimio y gadolinio.

Se han procesado partículas correspondientes a 16 afloramientos con un total de 256 puntos de análisis (Tabla 10).

Tabla 10: Relación de los afloramientos con partículas analizadas por microsonda. En color amarillo aquellos que una vez analizados, en los apartado siguientes, se detallan y comentan los resultados obtenidos.

| Afloramiento | Localización | Edad | nº partículas | puntos análisis | observaciones | probeta |
|--------------|------------------|----------|---------------|-----------------|------------------|---------|
| JE-004-VOC | Río Ripoll | Holoceno | 4 | 28 | (-) F (+) Sm, Pb | G-01 |
| JE-006-AN | Terraza Bedorc | Holoceno | 3 | 5 | (-) F (+) Sm, Pb | G-02 |
| JE-041-VOR | St.A.Vilamajor | Mioceno | 3 | 6 | (-) F (+) Sm, Pb | G-02 |
| JE-007-VOR | C. de la Manya | Mioceno | 3 | 9 | (-) F (+) Sm, Pb | G-02 |
| JE-014-SEL | Breda | Mioceno | 4 | 8 | (-) F (+) Sm, Pb | G-02 |
| JE-006-VOC | Matadepera | Mioceno | 2 | 11 | (+) F (-) Sm, Pb | G-03 |
| JE-008-VOC | Can Colomer | Mioceno | 3 | 16 | (+) F (-) Sm, Pb | G-03 |
| JE-014-VOC | St. Quirze V. | Mioceno | 2 | 11 | (+) F (-) Sm, Pb | G-03 |
| JE-013-VOC | Depuradora V.O. | Mioceno | 3 | 14 | (+) F (-) Sm, Pb | G-03 |
| JE-007-VOR | C. de la Manya | Mioceno | 3 | 12 | (+) F (-) Sm, Pb | G-02 |
| JE-010-VOR | El Falgar | Mioceno | 8 | 24 | (-) F (+) Sm, Pb | S-2 |
| JE-002-BLL | Olesa-V. km 11 | Mioceno | 3 | 17 | (+) F (-) Sm, Pb | G-04 |
| JE-010-AP | Can Regata B. | Mioceno | 4 | 18 | (+) F (-) Sm, Pb | G-04 |
| JE-001-AN | Bóviles Piera | Mioceno | 4 | 22 | (+) F (-) Sm, Pb | G-04 |
| JE-034-VOR | Terraza C. Diviu | Holoeno | 2 | 11 | (+) F (-) Sm, Pb | G-04 |
| JE-008-GA | B.del Bruno | Mioceno | 3 | 18 | (+) F (-) Sm, Pb | G-04 |
| JE-010-VOR | El Falgar | Mioceno | 8 | 18 | (+) F (-) Sm, Pb | G-04 |
| JE-004-GA | S. Mestre-N4 | Mioceno | 6 | 31 | (+) F (-) Sm, Pb | T-01 |

En las páginas que siguen se exponen los resultados analíticos obtenidos en diferentes puntos de cada una de las partículas seleccionadas de aquellos afloramientos que se han considerado como más representativos, así como también otros cálculos que nos permitirán conocer mejor su comportamiento químico.

Análisis y cálculos efectuados: A%, W%, fórmulas estructurales, %mol de cada elemento en su grupo de fórmula, elementos predominantes en A, B y X, comparación de las variaciones del % de composición entre elementos de grupos diferentes, grados de sustitución de las tierras raras (REE) dentro de A.

Clasificación mineralógica:

Para la nomenclatura de los diferentes minerales APS, que se han obtenido en los afloramientos de la zona de estudio, hemos adoptado el método de clasificación basado en un sistema ternario para PO_4 , SO_4 y AsO_4 aniones, propuesto por J.L.Jambord (1999), que está de acuerdo con las recomendaciones actuales CNMMN generales para soluciones sólidas (Nickel 1992).

Este sistema de clasificación esta basado el la dominancia de **Al** o **Fe** en el sitio **B** de la fórmula general: $\text{A B}_3 (\text{XO}_4)_2 (\text{F, OH, H}_2\text{O})_6$.

De los primeros análisis efectuados por EDS, se deduce claramente que en nuestras partículas:

- En el sitio B: %A de **Al** es siempre superior a %A de **Fe**
- En el sitio A: El dominio puede ser de **Sr**, **REE** y en algunos casos de **Ca**.

Los sistemas ternarios propuestos por J.L. Jambor (1999) para las dominancias de cada uno de estos elementos en A, se exponen a continuación en las figuras 12-13 y14.

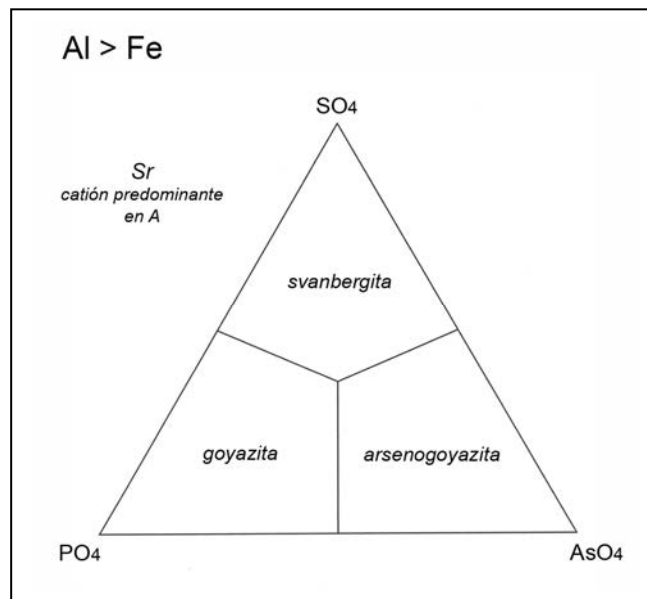


Fig.12: Minerales del supergrupo de la alunita con Sr predominante en A

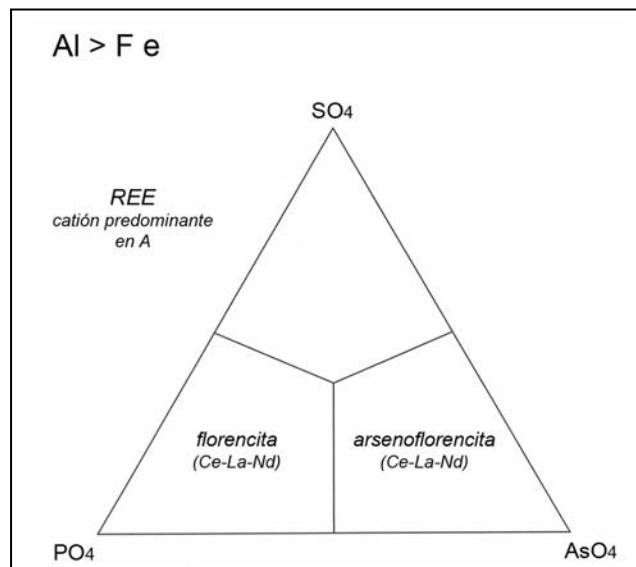


Fig.13: Minerales del supergrupo de la alunita con REE predominante en A

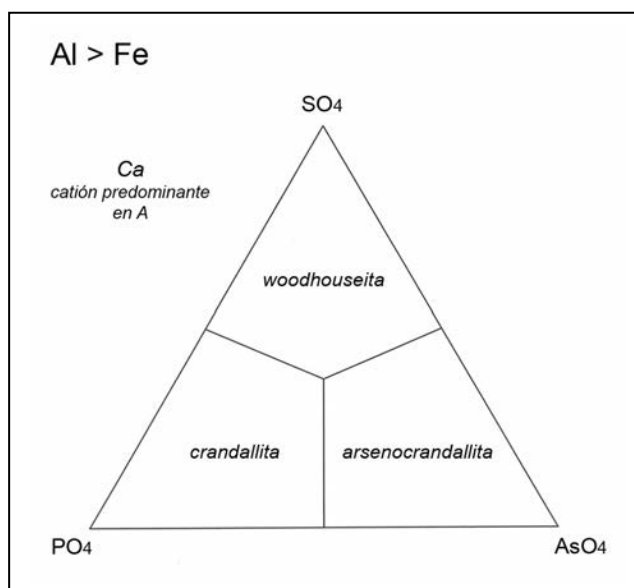


Fig.14: Minerales del supergrupo de la alunita con Ca predominante en A

Para la nomenclatura de las especies minerales que hemos identificado y de aquí en adelante, utilizaremos de una forma gráfica la combinación de estos tres sistemas ternarios (Fig.15).

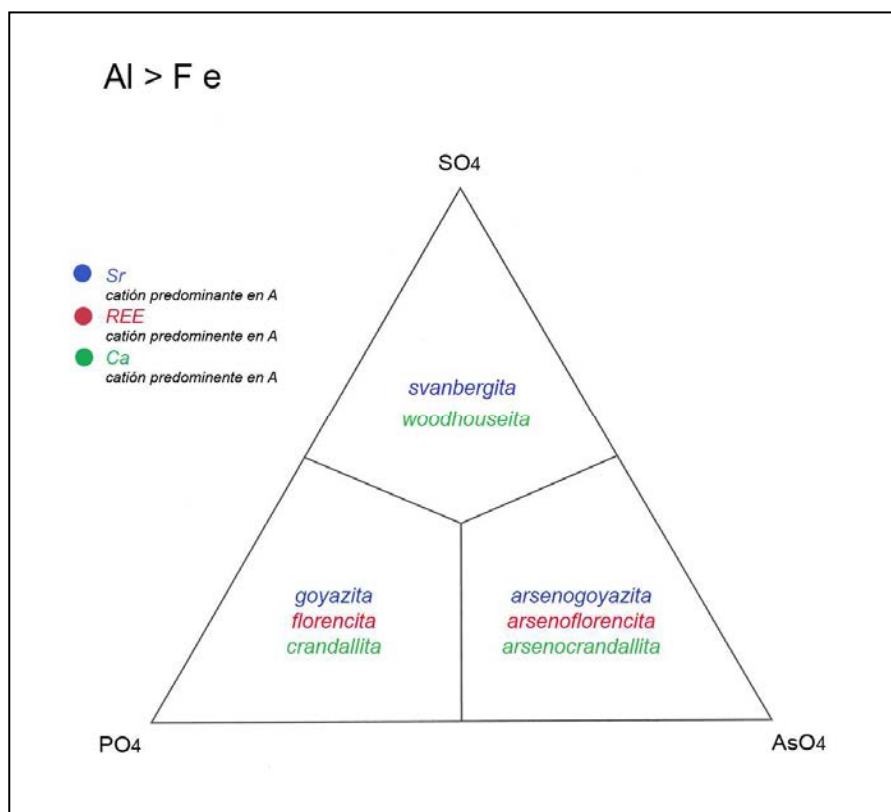
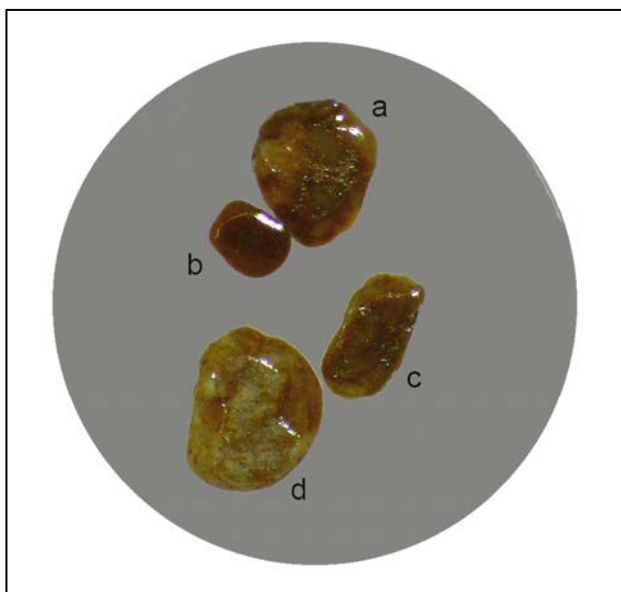


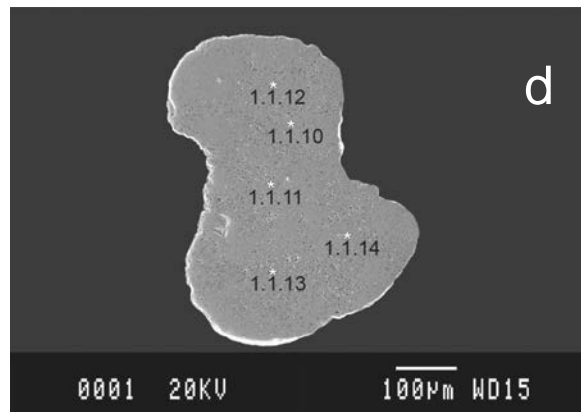
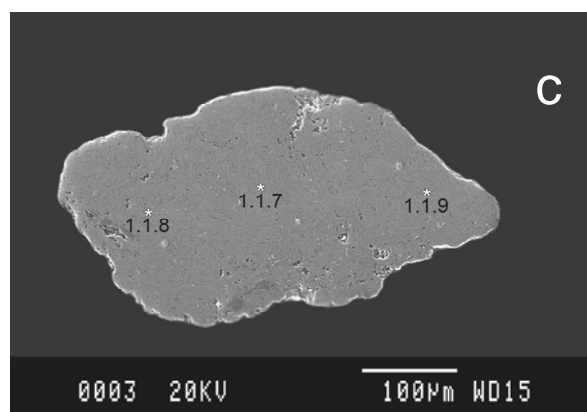
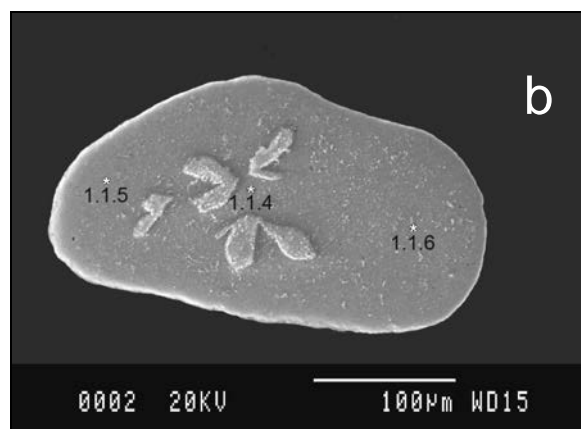
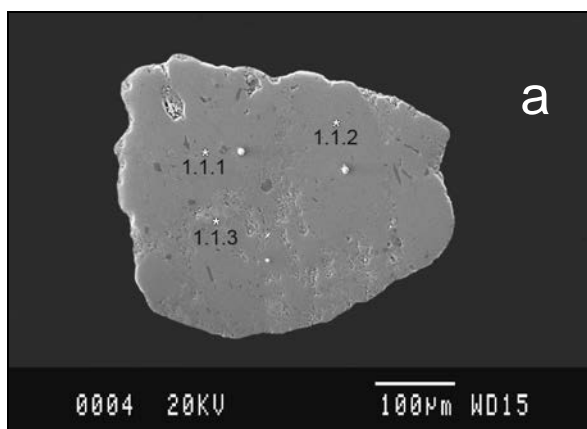
Fig.15 - Con Sr predominante en A (azul) los minerales asociados son: *svanbergita*, *goyazita* y *arsenogoyazita*. Con REE predominante en A (rojo) son: *florencita* y *arsenoflorencita*. Con Ca predominante en A (verde) son: *woodhouseita*, *crandallita* y *arsenocrandallita*.

Probeta G-01 (afloramiento JE-004-VOC)



Partículas seleccionadas de la probeta G-01.
 Afloramiento JE-004-VOC.
 Gravas del río Ripoll

| Probeta G-01 (004-VOC) | | | | | | |
|------------------------|-----------|--------------------------------------|-------|-------|--------|--------|
| Afloramiento | nº part | Puntos de análisis en cada partícula | | | | |
| | | a | b | c | d | |
| JE-004-VOC | 4 | 1.1.1 | 1.1.4 | 1.1.7 | 1.1.10 | 1.1.13 |
| Río Ripoll | (a,b,c,d) | 1.1.2 | 1.1.5 | 1.1.8 | 1.1.11 | 1.1.14 |
| Holoceno | | 1.1.3 | 1.1.6 | 1.1.9 | 1.1.12 | |



Afloramiento: **JE-004-VOC** (gravas Holoceno)
UTMX: 426373E, UTM Y: 4601166N (Río Ripoll-Sabadell)
Muestras: Probeta G01 - 4 partículas (a-b-c-d) - Puntos de análisis seleccionados: 14
Método de análisis: **EMPA**
Elementos analizados: **Al, Si, P, S, K, Ca, Fe, As, Sr, La, Ce, Pr, Nd, Gd.**

Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula expresada en A%

| Partícula | Punto | O A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | K A% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | Gd A% | Totales |
|-----------|----------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| a | 1.1.1 | 64,71 | 17,62 | 0,41 | 6,84 | 3,54 | 0,32 | 0,30 | 0,16 | 1,34 | 2,92 | 0,55 | 0,96 | 0,06 | 0,17 | 0,09 | 100,0 |
| | 1.1.2 | 64,63 | 17,54 | 0,06 | 7,29 | 3,33 | 0,21 | 0,39 | 0,11 | 1,32 | 3,31 | 0,54 | 0,98 | 0,05 | 0,15 | 0,08 | 100,0 |
| | 1.1.3 | 64,60 | 17,31 | 0,37 | 6,66 | 3,38 | 0,29 | 0,33 | 0,85 | 1,44 | 2,80 | 0,57 | 1,05 | 0,07 | 0,20 | 0,09 | 100,0 |
| b | 1.1.4 | 64,01 | 16,36 | 0,13 | 8,97 | 1,78 | 0,04 | 1,24 | 3,62 | 0,12 | 2,29 | 0,32 | 0,62 | 0,09 | 0,34 | 0,06 | 100,0 |
| | 1.1.5 | 64,09 | 15,52 | 0,14 | 9,10 | 1,89 | 0,07 | 1,34 | 3,88 | 0,15 | 2,42 | 0,33 | 0,63 | 0,07 | 0,31 | 0,07 | 100,0 |
| | 1.1.6 | 64,02 | 15,66 | 0,13 | 9,25 | 1,74 | 0,08 | 1,35 | 3,60 | 0,14 | 2,51 | 0,36 | 0,63 | 0,07 | 0,39 | 0,08 | 100,0 |
| c | 1.1.7 | 64,38 | 16,85 | 0,24 | 8,78 | 2,74 | 0,10 | 0,91 | 0,53 | 0,34 | 3,71 | 0,22 | 0,71 | 0,10 | 0,34 | 0,06 | 100,0 |
| | 1.1.8 | 64,47 | 17,09 | 0,46 | 8,71 | 2,62 | 0,08 | 0,77 | 0,21 | 0,48 | 3,44 | 0,29 | 0,79 | 0,09 | 0,42 | 0,08 | 100,0 |
| | 1.1.9 | 64,47 | 16,61 | 0,44 | 8,74 | 2,73 | 0,22 | 0,78 | 0,73 | 0,40 | 3,36 | 0,29 | 0,71 | 0,07 | 0,40 | 0,07 | 100,0 |
| d | 1.1.10 | 64,43 | 17,59 | 0,43 | 7,77 | 3,42 | 0,92 | 1,04 | 0,21 | 0,06 | 1,31 | 1,40 | 1,04 | 0,08 | 0,21 | 0,08 | 100,0 |
| | 1.1.11 | 64,49 | 17,39 | 0,24 | 8,36 | 3,03 | 0,64 | 1,04 | 0,33 | 0,09 | 1,43 | 1,46 | 1,12 | 0,05 | 0,23 | 0,10 | 100,0 |
| | 1.1.12 | 64,18 | 17,40 | 0,50 | 8,51 | 2,20 | 0,43 | 0,96 | 1,09 | 0,04 | 1,48 | 1,58 | 1,20 | 0,06 | 0,26 | 0,11 | 100,0 |
| | 1.1.13 | 69,97 | 13,81 | 2,17 | 6,81 | 2,19 | 0,49 | 0,77 | 0,12 | 0,00 | 1,43 | 1,19 | 0,95 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 100,0 |
| | 1.1.14 | 71,08 | 14,18 | 0,00 | 7,79 | 1,56 | 0,18 | 0,84 | 0,10 | 0,00 | 1,30 | 1,63 | 1,19 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 100,0 |
| a | Promedio | 64,65 | 17,49 | 0,28 | 6,93 | 3,42 | 0,27 | 0,34 | 0,37 | 1,37 | 3,01 | 0,55 | 1,00 | 0,06 | 0,17 | 0,09 | 100,0 |
| b | | 64,04 | 15,85 | 0,13 | 9,11 | 1,80 | 0,06 | 1,31 | 3,70 | 0,14 | 2,41 | 0,34 | 0,63 | 0,08 | 0,35 | 0,07 | 100,0 |
| c | | 64,44 | 16,85 | 0,38 | 8,74 | 2,70 | 0,13 | 0,82 | 0,49 | 0,41 | 3,50 | 0,27 | 0,74 | 0,09 | 0,39 | 0,07 | 100,0 |
| d | | 66,83 | 16,07 | 0,67 | 7,85 | 2,48 | 0,53 | 0,93 | 0,37 | 0,04 | 1,39 | 1,45 | 1,10 | 0,04 | 0,19 | 0,06 | 100,0 |

Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula en porcentajes en peso de óxidos (*)

| Partícula | Punto | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% |
|-----------|----------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| | | Al ₂ O ₃ | Si O ₂ | P ₂ O ₅ | S O ₃ | K ₂ O | Ca O | Fe ₂ O ₃ | As ₂ O ₅ | Sr O | La ₂ O ₃ | Ce ₂ O ₃ | Pr ₂ O ₃ | Nd ₂ O ₃ | Gd ₂ O ₃ | H ₂ O | Total |
| a | 1.1.1 | 33,03 | 0,92 | 17,83 | 10,44 | 0,55 | 0,62 | 0,47 | 5,64 | 11,13 | 3,30 | 5,81 | 0,36 | 1,08 | 0,61 | 8,21 | 100,0 |
| | 1.1.2 | 32,18 | 0,13 | 18,63 | 9,61 | 0,35 | 0,78 | 0,33 | 5,45 | 12,35 | 3,18 | 5,77 | 0,30 | 0,93 | 0,53 | 9,48 | 100,0 |
| | 1.1.3 | 32,54 | 0,83 | 17,44 | 9,96 | 0,51 | 0,69 | 2,50 | 6,10 | 10,69 | 3,42 | 6,32 | 0,41 | 1,24 | 0,59 | 6,75 | 100,0 |
| b | 1.1.4 | 30,25 | 0,28 | 23,07 | 5,17 | 0,07 | 2,52 | 10,49 | 0,51 | 8,60 | 1,88 | 3,70 | 0,56 | 2,11 | 0,39 | 10,40 | 100,0 |
| | 1.1.5 | 27,80 | 0,30 | 22,68 | 5,32 | 0,11 | 2,64 | 10,88 | 0,61 | 8,80 | 1,86 | 3,65 | 0,41 | 1,81 | 0,44 | 12,68 | 100,0 |
| | 1.1.6 | 27,63 | 0,26 | 22,71 | 4,82 | 0,12 | 2,62 | 9,95 | 0,54 | 9,01 | 2,01 | 3,60 | 0,42 | 2,27 | 0,47 | 13,59 | 100,0 |
| c | 1.1.7 | 30,35 | 0,51 | 22,02 | 7,77 | 0,17 | 1,80 | 1,49 | 1,37 | 13,59 | 1,28 | 4,09 | 0,56 | 1,99 | 0,41 | 12,60 | 100,0 |
| | 1.1.8 | 30,72 | 0,98 | 21,81 | 7,39 | 0,13 | 1,53 | 0,59 | 1,95 | 12,57 | 1,69 | 4,56 | 0,50 | 2,48 | 0,48 | 12,61 | 100,0 |
| | 1.1.9 | 30,01 | 0,94 | 21,97 | 7,74 | 0,36 | 1,55 | 2,07 | 1,64 | 12,35 | 1,67 | 4,12 | 0,39 | 2,36 | 0,44 | 12,39 | 100,0 |
| d | 1.1.10 | 31,44 | 0,92 | 19,34 | 9,61 | 1,52 | 2,04 | 0,60 | 0,23 | 4,75 | 8,02 | 6,00 | 0,46 | 1,26 | 0,51 | 13,30 | 100,0 |
| | 1.1.11 | 30,57 | 0,51 | 20,46 | 8,36 | 1,04 | 2,00 | 0,90 | 0,35 | 5,12 | 8,21 | 6,34 | 0,29 | 1,28 | 0,63 | 13,92 | 100,0 |
| | 1.1.12 | 30,59 | 1,03 | 20,83 | 6,07 | 0,69 | 1,85 | 3,02 | 0,17 | 5,30 | 8,88 | 6,77 | 0,35 | 1,47 | 0,68 | 12,32 | 100,0 |
| | 1.1.13 | 30,87 | 0,82 | 20,21 | 8,02 | 1,08 | 1,96 | 1,51 | 0,25 | 5,06 | 8,37 | 6,37 | 0,37 | 1,34 | 0,61 | 13,18 | 100,0 |
| | 1.1.14 | 30,58 | 0,77 | 20,65 | 7,22 | 0,86 | 1,92 | 1,96 | 0,26 | 5,21 | 8,54 | 6,55 | 0,32 | 1,38 | 0,66 | 13,12 | 100,0 |
| a | Promedio | 32,58 | 0,63 | 17,96 | 10,00 | 0,47 | 0,69 | 1,10 | 5,73 | 11,39 | 3,30 | 5,97 | 0,36 | 1,08 | 0,58 | 8,15 | 100,0 |
| b | | 28,56 | 0,28 | 22,82 | 5,10 | 0,10 | 2,59 | 10,44 | 0,55 | 8,80 | 1,92 | 3,65 | 0,46 | 2,06 | 0,43 | 12,22 | 100,0 |
| c | | 30,36 | 0,81 | 21,94 | 7,63 | 0,22 | 1,63 | 1,38 | 1,65 | 12,84 | 1,54 | 4,26 | 0,48 | 2,28 | 0,45 | 12,53 | 100,0 |
| d | | 30,81 | 0,81 | 20,30 | 7,86 | 1,04 | 1,96 | 1,60 | 0,25 | 5,09 | 8,40 | 6,40 | 0,36 | 1,35 | 0,62 | 13,17 | 100,0 |

(*) porcentajes de H₂O calculados por diferencia

Cálculo del % mol que ocupa cada elemento en su fracción de la fórmula general

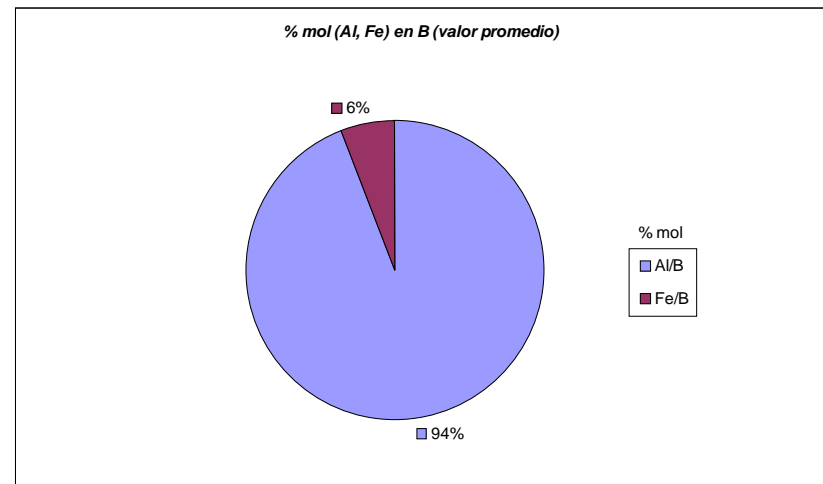
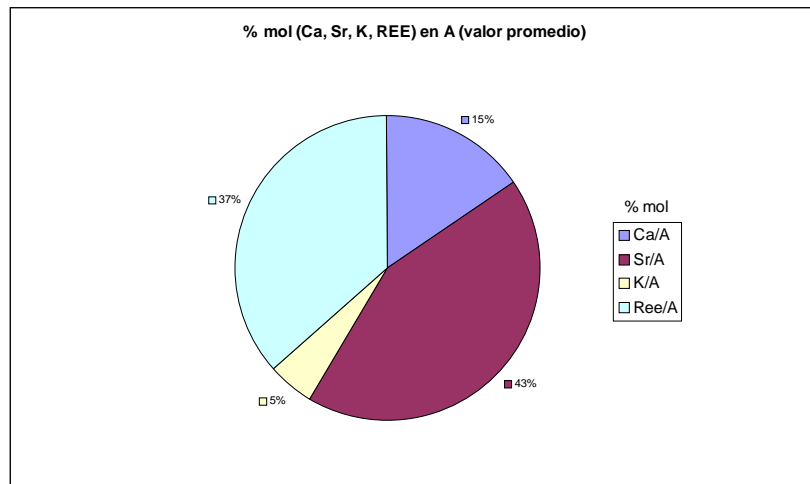
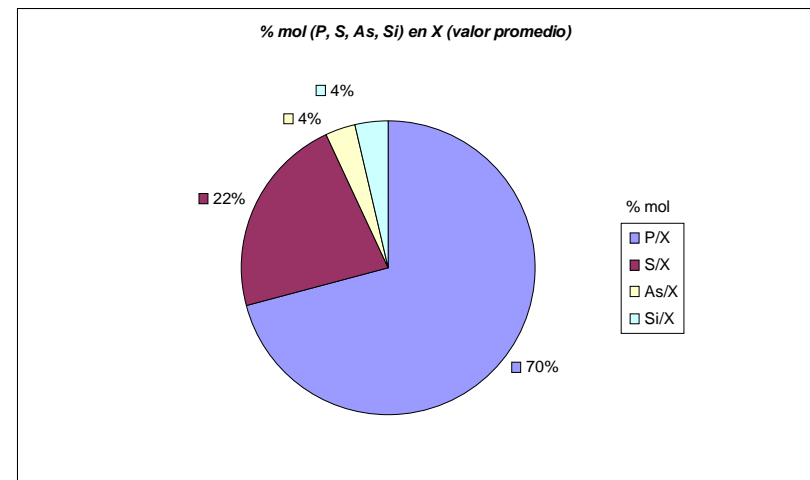
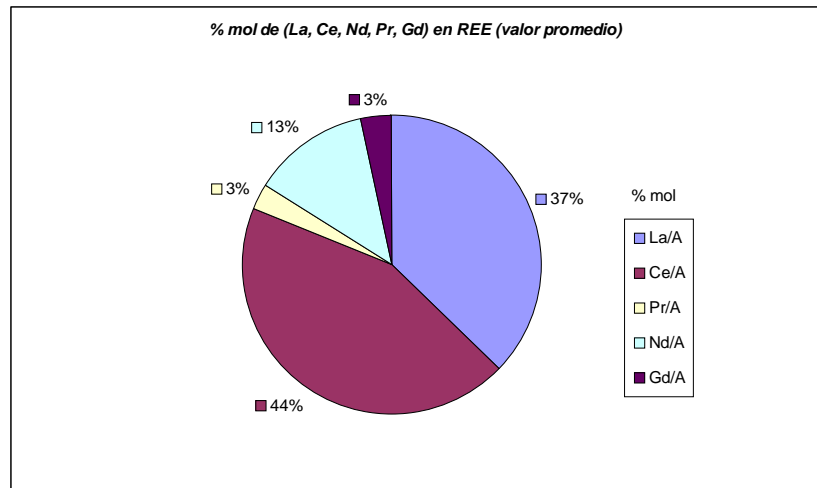
Cálculo del elemento predominante en el sitio A (en A%)

Sr

REE

| Puntos | % mol | | | | | | | | | | | | | | | | A% | |
|--------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|---------|
| | P/X | S/X | As/X | Si/X | Al/B | Fe/B | Ca/A | Sr/A | K/A | La/A | Ce/A | Pr/A | Nd/A | Gd/A | REE/A | (A-REE)/A | (Sr-REE) | (Sr-Ca) |
| 1.1.1 | 56,39 | 29,18 | 11,05 | 3,38 | 99,10 | 0,90 | 5,59 | 54,38 | 5,96 | 10,24 | 17,88 | 1,12 | 3,17 | 1,68 | 34,08 | 65,92 | 1,09 | 2,620 |
| 1.1.2 | 60,75 | 27,75 | 11,00 | 0,50 | 99,38 | 0,62 | 6,83 | 57,97 | 3,68 | 9,46 | 17,16 | 0,88 | 2,63 | 1,40 | 31,52 | 68,48 | 1,51 | 2,920 |
| 1.1.3 | 56,20 | 28,52 | 12,15 | 3,12 | 95,32 | 4,68 | 6,11 | 51,85 | 5,37 | 10,56 | 19,44 | 1,30 | 3,70 | 1,67 | 36,67 | 63,33 | 0,82 | 2,470 |
| 1.1.4 | 81,55 | 16,18 | 1,09 | 1,18 | 81,88 | 18,12 | 24,80 | 45,80 | 0,80 | 6,40 | 12,40 | 1,80 | 6,80 | 1,20 | 28,60 | 71,40 | 0,86 | 1,050 |
| 1.1.5 | 80,67 | 16,76 | 1,33 | 1,24 | 80,00 | 20,00 | 25,57 | 46,18 | 1,34 | 6,30 | 12,02 | 1,34 | 5,92 | 1,34 | 26,91 | 73,09 | 1,01 | 1,080 |
| 1.1.6 | 82,15 | 15,45 | 1,24 | 1,15 | 81,31 | 18,69 | 24,68 | 45,89 | 1,46 | 6,58 | 11,52 | 1,28 | 7,13 | 1,46 | 27,97 | 72,03 | 0,98 | 1,160 |
| 1.1.7 | 72,56 | 22,64 | 2,81 | 1,98 | 96,95 | 3,05 | 14,80 | 60,33 | 1,63 | 3,58 | 11,54 | 1,63 | 5,53 | 0,98 | 23,25 | 76,75 | 2,28 | 2,800 |
| 1.1.8 | 70,99 | 21,35 | 3,91 | 3,75 | 98,79 | 1,21 | 12,92 | 57,72 | 1,34 | 4,87 | 13,26 | 1,51 | 7,05 | 1,34 | 28,02 | 71,98 | 1,77 | 2,670 |
| 1.1.9 | 71,00 | 22,18 | 3,25 | 3,57 | 95,79 | 4,21 | 13,22 | 56,95 | 3,73 | 4,92 | 12,03 | 1,19 | 6,78 | 1,19 | 26,10 | 73,90 | 1,82 | 2,580 |
| 1.1.10 | 66,52 | 29,28 | 0,51 | 3,68 | 98,82 | 1,18 | 17,11 | 21,55 | 15,13 | 23,03 | 17,11 | 1,32 | 3,45 | 1,32 | 46,22 | 53,78 | -1,50 | 0,270 |
| 1.1.11 | 71,33 | 25,85 | 0,77 | 2,05 | 98,14 | 1,86 | 17,13 | 23,56 | 10,54 | 24,05 | 18,45 | 0,82 | 3,79 | 1,65 | 48,76 | 51,24 | -1,53 | 0,390 |
| 1.1.12 | 75,64 | 19,56 | 0,36 | 4,44 | 94,10 | 5,90 | 15,79 | 24,34 | 7,07 | 25,99 | 19,74 | 0,99 | 4,28 | 1,81 | 52,80 | 47,20 | -1,73 | 0,520 |
| 1.1.13 | 60,97 | 19,61 | 0,00 | 19,43 | 99,14 | 0,86 | 15,59 | 28,95 | 9,92 | 24,09 | 19,23 | 0,00 | 2,23 | 0,00 | 45,55 | 54,45 | -0,82 | 0,660 |
| 1.1.14 | 83,32 | 16,68 | 0,00 | 0,00 | 99,30 | 0,70 | 15,88 | 24,57 | 3,40 | 30,81 | 22,50 | 0,00 | 2,84 | 0,00 | 56,14 | 43,86 | -1,67 | 0,460 |
| | 70,72 | 22,21 | 3,53 | 3,53 | 94,14 | 5,86 | 15,43 | 42,86 | 5,10 | 13,63 | 16,02 | 1,08 | 4,66 | 1,22 | 36,61 | 63,39 | ← Promedio | |
| | 9,11 | 4,92 | 4,27 | 4,60 | 7,02 | 7,02 | 6,28 | 14,37 | 4,11 | 9,27 | 3,61 | 0,51 | 1,73 | 0,54 | 10,66 | 10,66 | ← Desvest | |

Gráficos circulares donde se representa para el conjunto de las partículas seleccionadas de G-01 (afloramiento JE-004-VOC) el porcentaje del % mol (valor promedio) de cada uno los elementos que conforman los sitios X, B y A de la fórmula general.



Gráficos de dispersión donde se comparan los valores obtenidos de % mol REE/A con los de (% mol P/X, %mol S/X, %mol As/X), (% mol Sr/A, % mol Ca/A, % mol K/A) y % mol (A-REE)/A. Se han elaborado para observar posibles grados de sustitución y su línea de tendencia. (Figuras: 16 a 22)

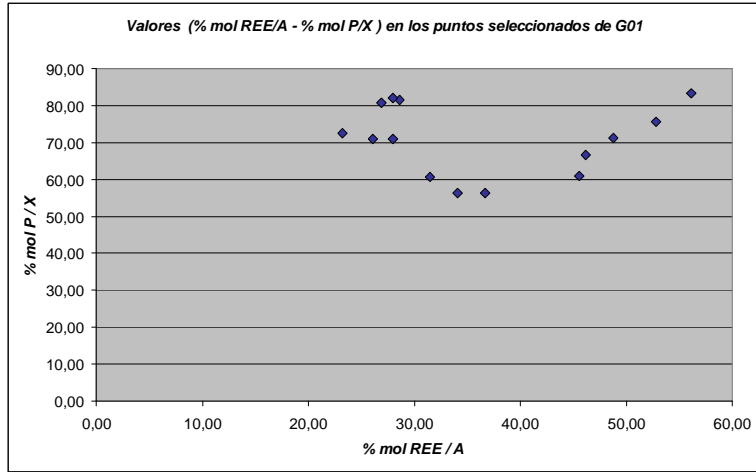


Fig. 16: Distribución puntos (%mol REE/A, % mol P/X) sin tendencia apreciable

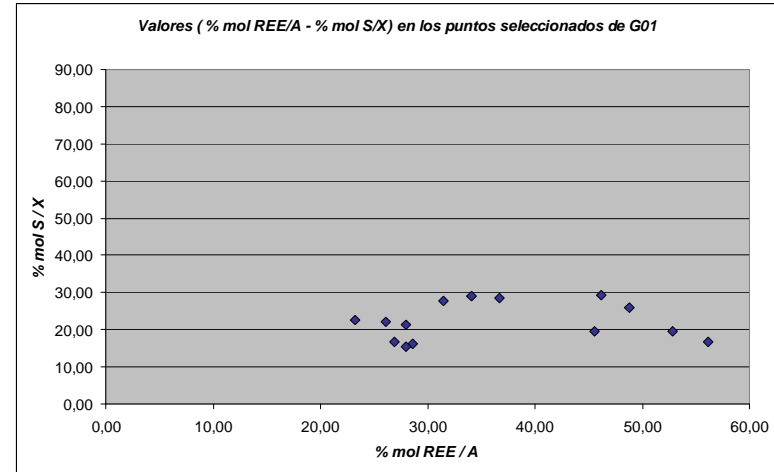


Fig. 17: Distribución puntos (%mol REE/A, % mol S/X) sin tendencia apreciable

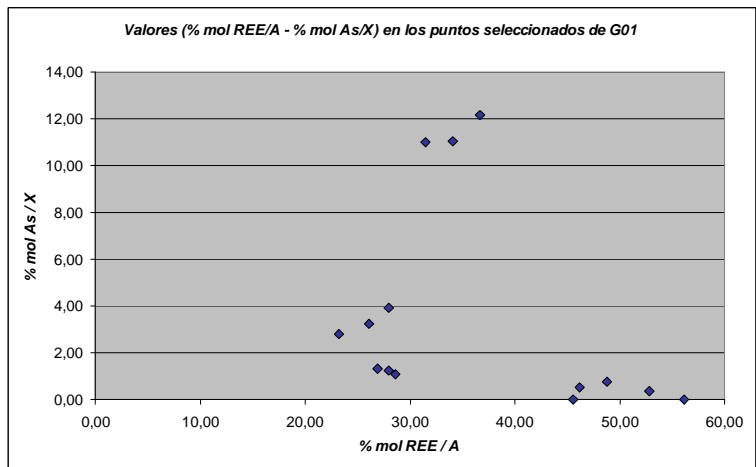


Fig. 18: Distribución puntos (%mol REE/A, % mol As/X) sin tendencia apreciable

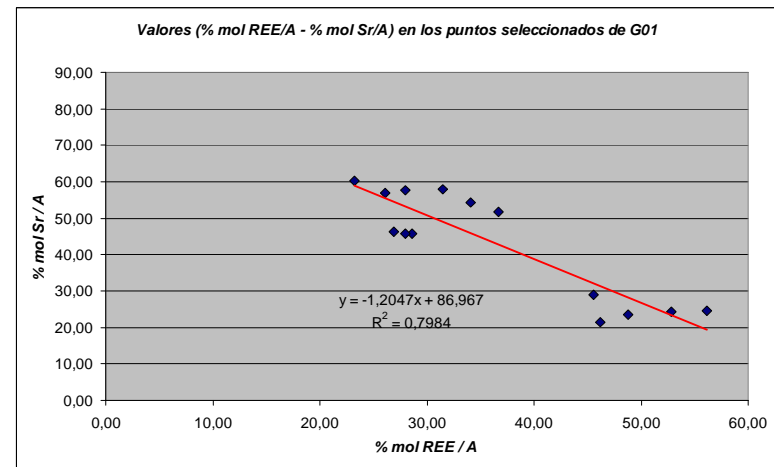


Fig. 19: Puntos con tendencia lineal: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Sr/A)

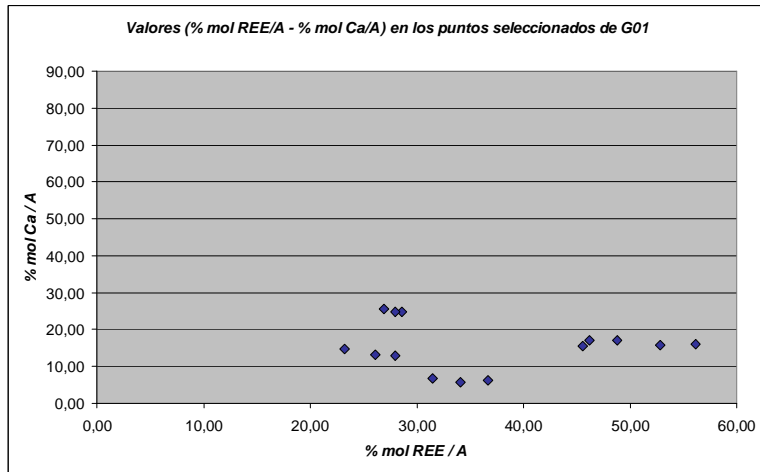


Fig.20: Distribución puntos (%mol REE/A, % mol Ca/A) sin tendencia apreciable

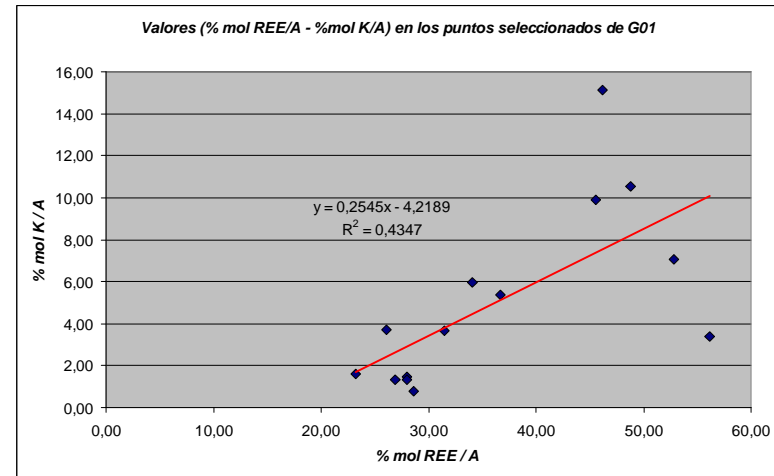


Fig.21:) Tendencia lineal mayoritaria: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol K/A)

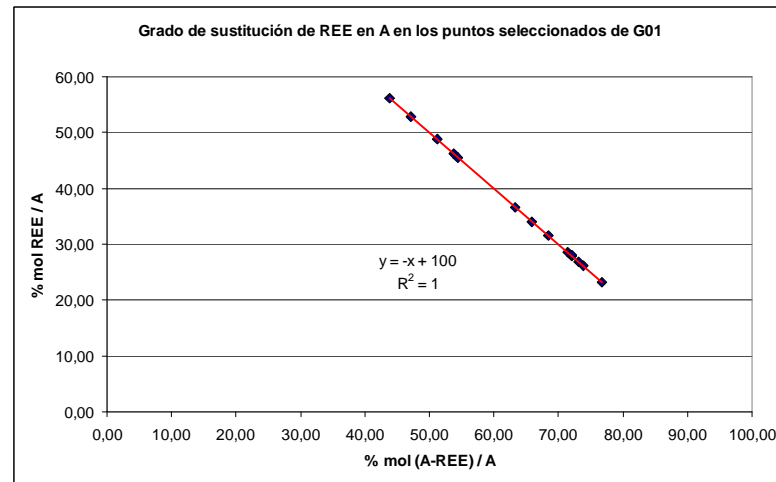
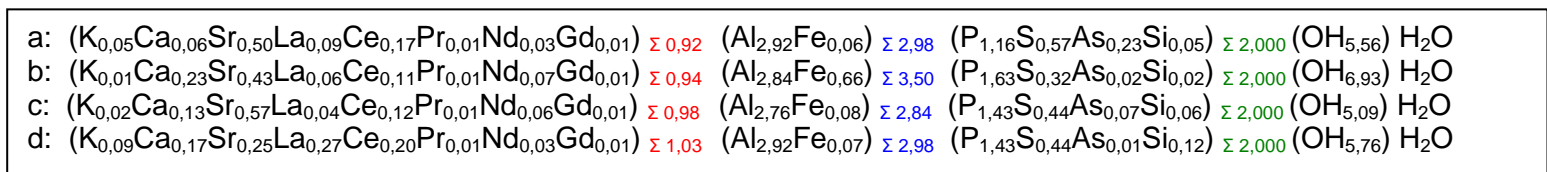


Fig.22: Distribución puntos (%mol (A-REE)/A, %mol REE/A) perfectamente alineados

Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula (nº átomos por fórmula unitaria en base a X=2)

| Partícula | Punto | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|
| a | 1.1.1 | 1,13 | 0,58 | 0,22 | 0,07 | 2,91 | 0,03 | 0,05 | 0,05 | 0,48 | 0,09 | 0,16 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,89 | 2,93 | 2,00 | 5,33 |
| | 1.1.2 | 1,22 | 0,56 | 0,22 | 0,01 | 2,92 | 0,02 | 0,04 | 0,07 | 0,55 | 0,09 | 0,16 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,95 | 2,94 | 2,00 | 5,54 |
| | 1.1.3 | 1,12 | 0,57 | 0,24 | 0,06 | 2,92 | 0,14 | 0,05 | 0,06 | 0,47 | 0,10 | 0,18 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 0,91 | 3,06 | 2,00 | 5,82 |
| b | 1.1.4 | 1,63 | 0,32 | 0,02 | 0,02 | 2,97 | 0,66 | 0,01 | 0,23 | 0,42 | 0,06 | 0,11 | 0,02 | 0,07 | 0,01 | 0,92 | 3,63 | 2,00 | 7,29 |
| | 1.1.5 | 1,61 | 0,34 | 0,03 | 0,02 | 2,75 | 0,69 | 0,01 | 0,24 | 0,43 | 0,06 | 0,11 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,93 | 3,44 | 2,00 | 6,74 |
| | 1.1.6 | 1,64 | 0,31 | 0,02 | 0,02 | 2,78 | 0,64 | 0,01 | 0,24 | 0,45 | 0,06 | 0,11 | 0,01 | 0,07 | 0,01 | 0,97 | 3,42 | 2,00 | 6,76 |
| c | 1.1.7 | 1,45 | 0,45 | 0,06 | 0,04 | 2,79 | 0,09 | 0,02 | 0,15 | 0,61 | 0,04 | 0,12 | 0,02 | 0,06 | 0,01 | 1,02 | 2,87 | 2,00 | 5,28 |
| | 1.1.8 | 1,42 | 0,43 | 0,08 | 0,07 | 2,79 | 0,03 | 0,01 | 0,13 | 0,56 | 0,05 | 0,13 | 0,01 | 0,07 | 0,01 | 0,97 | 2,82 | 2,00 | 5,02 |
| | 1.1.9 | 1,42 | 0,44 | 0,06 | 0,07 | 2,70 | 0,12 | 0,04 | 0,13 | 0,55 | 0,05 | 0,12 | 0,01 | 0,07 | 0,01 | 0,96 | 2,82 | 2,00 | 4,96 |
| d | 1.1.10 | 1,33 | 0,59 | 0,01 | 0,07 | 3,01 | 0,04 | 0,16 | 0,18 | 0,22 | 0,24 | 0,18 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,04 | 3,05 | 2,00 | 6,06 |
| | 1.1.11 | 1,43 | 0,52 | 0,02 | 0,04 | 2,97 | 0,06 | 0,11 | 0,18 | 0,24 | 0,25 | 0,19 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 1,03 | 3,02 | 2,00 | 6,01 |
| | 1.1.12 | 1,51 | 0,39 | 0,01 | 0,09 | 3,09 | 0,19 | 0,08 | 0,17 | 0,26 | 0,28 | 0,21 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 1,08 | 3,29 | 2,00 | 6,81 |
| | 1.1.13 | 1,22 | 0,39 | 0,00 | 0,39 | 2,47 | 0,02 | 0,09 | 0,14 | 0,26 | 0,21 | 0,17 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,89 | 2,49 | 2,00 | 3,58 |
| | 1.1.14 | 1,67 | 0,33 | 0,00 | 0,00 | 3,03 | 0,02 | 0,04 | 0,18 | 0,28 | 0,35 | 0,25 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 1,13 | 3,05 | 2,00 | 6,35 |
| a | Promedio | 1,16 | 0,57 | 0,23 | 0,05 | 2,92 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,50 | 0,09 | 0,17 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,92 | 2,98 | 2,00 | 5,56 |
| b | | 1,63 | 0,32 | 0,02 | 0,02 | 2,84 | 0,66 | 0,01 | 0,23 | 0,43 | 0,06 | 0,11 | 0,01 | 0,07 | 0,01 | 0,94 | 3,50 | 2,00 | 6,93 |
| c | | 1,43 | 0,44 | 0,07 | 0,06 | 2,76 | 0,08 | 0,02 | 0,13 | 0,57 | 0,04 | 0,12 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,98 | 2,84 | 2,00 | 5,09 |
| d | | 1,43 | 0,44 | 0,01 | 0,12 | 2,92 | 0,07 | 0,09 | 0,17 | 0,25 | 0,27 | 0,20 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,03 | 2,98 | 2,00 | 5,76 |

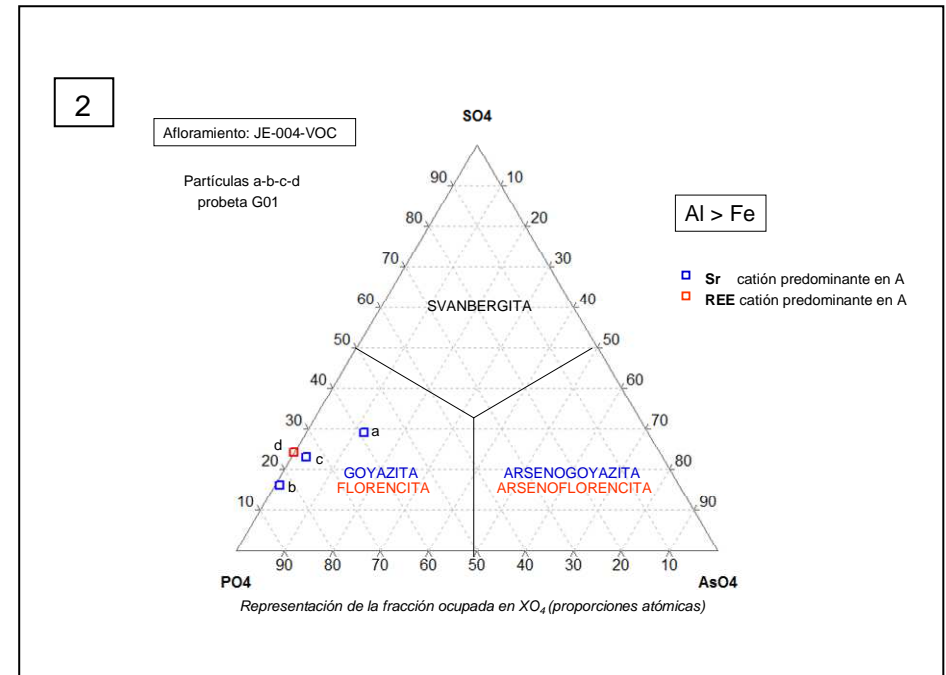
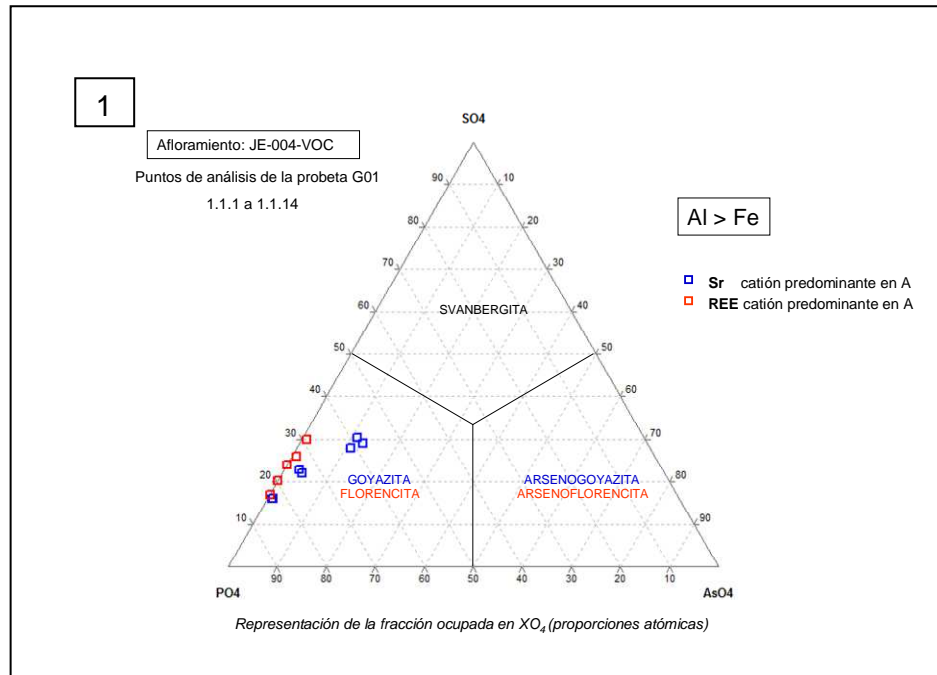
Fórmulas estructurales que se deducen de los valores promedio de cada partícula



Clasificación mineralógica para cada punto y a nivel de partícula de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999)

| Punto | 1.1.1 | 1.1.2 | 1.1.3 | 1.1.4 | 1.1.5 | 1.1.6 | 1.1.7 | 1.1.8 | 1.1.9 | 1.1.10 | 1.1.11 | 1.1.12 | 1.1.13 | 1.1.14 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| % SO ₄ | 30,20 | 27,89 | 29,44 | 16,38 | 16,97 | 15,63 | 23,10 | 22,18 | 23,00 | 30,40 | 26,39 | 20,47 | 24,33 | 16,68 |
| % PO ₄ | 58,36 | 61,06 | 58,01 | 82,52 | 81,69 | 83,11 | 74,03 | 73,75 | 73,63 | 69,07 | 72,82 | 79,16 | 75,67 | 83,32 |
| % AsO ₄ | 11,43 | 11,06 | 12,54 | 1,10 | 1,35 | 1,26 | 2,87 | 4,06 | 3,37 | 0,53 | 0,78 | 0,37 | 0 | 0 |
| Predominio | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | REE | REE | REE | REE | REE |

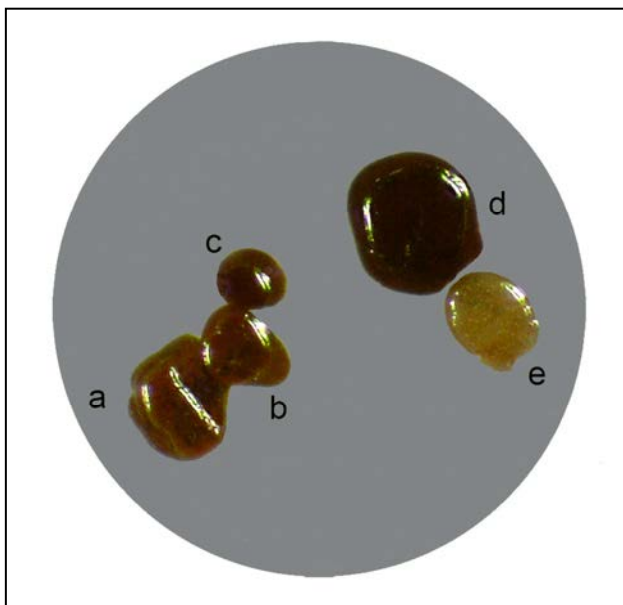
| | Partículas | a | b | c | d |
|--------------------|------------|-------|-------|-------|-------|
| % SO ₄ | Promedios | 29,18 | 16,32 | 22,76 | 23,66 |
| % PO ₄ | | 59,14 | 82,44 | 73,80 | 76,01 |
| % AsO ₄ | | 11,68 | 1,24 | 3,43 | 0,34 |
| Predominio | | Sr | Sr | Sr | REE |



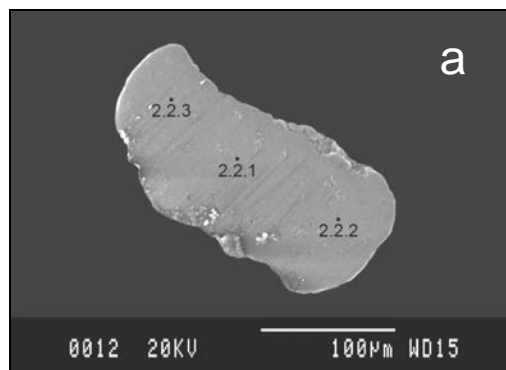
1 - Los puntos de análisis 1.1.1 a 1.1.9 con predominio de estroncio en A corresponden a *goyazita*. Los puntos 1.1.10 a 1.1.14 con predominio de REE en A y mayor proporción de lantano corresponden a *florencita* (La).

2 - A nivel de partícula, a-b-c corresponden a *goyazita* y d corresponde a *florencita* (La).

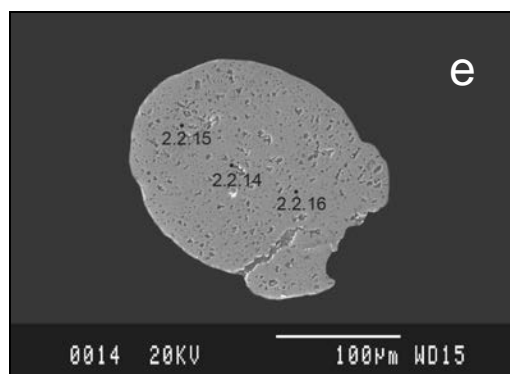
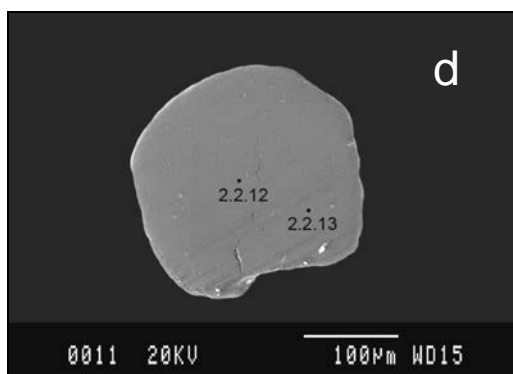
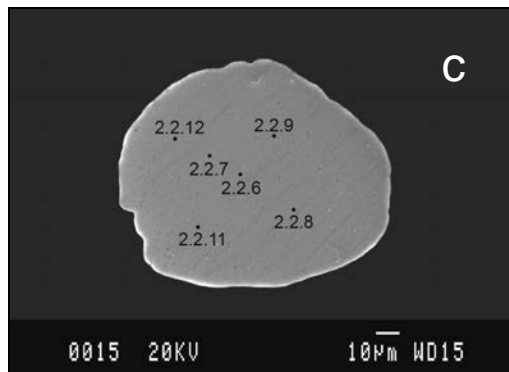
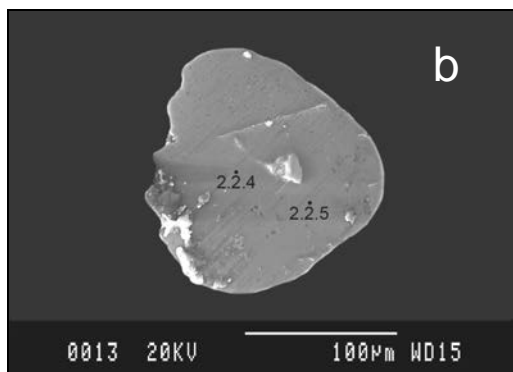
Probeta G-02 (afloramiento JE- 006-AN)



Partículas seleccionadas de la probeta G-02.
 Afloramiento JE-006-AN
 Terraza Bedorc
 Holoceno



| Probeta G-02 (006-AN) | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|--------------------------------------|-------|-------|--------|--------|--------|
| Afloramiento | nº part | Puntos de análisis en cada partícula | | | | | |
| | | a | b | c | | d | e |
| JE-006-AN | 5 | 2.2.1 | 2.2.4 | 2.2.6 | 2.2.9 | 2.2.12 | 2.2.14 |
| T. Bedorc | (a,b,c,d,e) | 2.2.2 | 2.2.5 | 2.2.7 | 2.2.10 | 2.2.13 | 2.2.15 |
| Holoceno | | 2.2.3 | | 2.2.8 | 2.2.11 | | |



Afloramiento: **JE-006-AN** (gravas Holoceno)
UTMX: 393524E, UTM Y: 4594885N (Terraza Bedorc)
Muestras: Probeta G02 - 5 partículas (a-b-c-d-e) - Puntos de análisis seleccionados: 16
Método de análisis: **EMPA**
Elementos analizados: **Al, Si, P, S, K, Ca, Fe, As, Sr, Ba, Pb, La, Ce, Pr, Nd, Gd.**

Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula expresada en A%

| Partícula | Punto | O A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | K A% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | Ba A% | Pb A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | Gd A% | Totales |
|-----------|----------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| a | 2.2.1 | 64,11 | 17,92 | 0,10 | 8,47 | 2,34 | 0,18 | 1,27 | 0,84 | 0,09 | 1,97 | 0,13 | 0,00 | 0,85 | 1,21 | 0,09 | 0,36 | 0,09 | 100,0 |
| | 2.2.2 | 64,24 | 18,02 | 0,13 | 8,93 | 2,07 | 0,14 | 1,00 | 0,63 | 0,08 | 1,83 | 0,05 | 0,01 | 0,94 | 1,35 | 0,11 | 0,34 | 0,12 | 100,0 |
| | 2.2.3 | 64,22 | 17,05 | 0,19 | 8,84 | 2,19 | 0,09 | 0,83 | 1,44 | 0,12 | 2,46 | 0,09 | 0,01 | 0,76 | 1,15 | 0,11 | 0,35 | 0,11 | 100,0 |
| b | 2.2.4 | 63,91 | 19,04 | 0,09 | 8,26 | 2,03 | 0,16 | 0,93 | 0,58 | 0,03 | 1,90 | 0,05 | 0,01 | 1,02 | 1,42 | 0,07 | 0,37 | 0,12 | 100,0 |
| | 2.2.5 | 64,04 | 18,56 | 0,12 | 8,56 | 2,08 | 0,20 | 0,97 | 0,59 | 0,05 | 1,93 | 0,07 | 0,00 | 0,94 | 1,35 | 0,07 | 0,34 | 0,12 | 100,0 |
| c | 2.2.6 | 64,47 | 17,66 | 0,04 | 8,33 | 3,39 | 0,06 | 0,69 | 0,19 | 0,02 | 3,75 | 0,03 | 0,00 | 0,39 | 0,62 | 0,08 | 0,24 | 0,05 | 100,0 |
| | 2.2.7 | 64,33 | 17,85 | 0,08 | 8,25 | 3,23 | 0,06 | 0,71 | 0,19 | 0,03 | 3,80 | 0,04 | 0,00 | 0,40 | 0,69 | 0,11 | 0,19 | 0,05 | 100,0 |
| | 2.2.8 | 64,40 | 17,61 | 0,06 | 8,45 | 3,22 | 0,05 | 0,68 | 0,25 | 0,00 | 3,85 | 0,00 | 0,01 | 0,40 | 0,68 | 0,08 | 0,22 | 0,05 | 100,0 |
| | 2.2.9 | 64,36 | 17,30 | 0,05 | 8,65 | 3,04 | 0,04 | 0,72 | 0,39 | 0,04 | 3,94 | 0,01 | 0,00 | 0,36 | 0,69 | 0,08 | 0,26 | 0,07 | 100,0 |
| | 2.2.10 | 64,41 | 17,47 | 0,08 | 8,42 | 3,22 | 0,05 | 0,66 | 0,54 | 0,02 | 3,76 | 0,01 | 0,01 | 0,34 | 0,67 | 0,06 | 0,25 | 0,04 | 100,0 |
| | 2.2.11 | 64,40 | 17,78 | 0,07 | 8,23 | 3,34 | 0,06 | 0,66 | 0,28 | 0,00 | 3,74 | 0,02 | 0,01 | 0,38 | 0,68 | 0,07 | 0,26 | 0,04 | 100,0 |
| d | 2.2.12 | 63,94 | 16,33 | 0,11 | 8,57 | 2,40 | 0,11 | 1,60 | 2,39 | 0,07 | 2,98 | 0,07 | 0,02 | 0,42 | 0,71 | 0,06 | 0,17 | 0,07 | 100,0 |
| | 2.2.13 | 63,94 | 16,66 | 0,14 | 8,49 | 2,38 | 0,13 | 1,35 | 2,22 | 0,06 | 2,99 | 0,06 | 0,00 | 0,47 | 0,79 | 0,07 | 0,18 | 0,07 | 100,0 |
| e | 2.2.14 | 64,10 | 18,50 | 0,13 | 9,57 | 1,25 | 0,01 | 0,94 | 0,03 | 0,03 | 1,58 | 0,02 | 0,00 | 1,82 | 1,53 | 0,09 | 0,26 | 0,15 | 100,0 |
| | 2.2.15 | 64,05 | 18,50 | 0,13 | 9,58 | 1,19 | 0,02 | 0,96 | 0,25 | 0,01 | 1,59 | 0,04 | 0,01 | 1,64 | 1,50 | 0,14 | 0,28 | 0,14 | 100,0 |
| | 2.2.16 | 63,92 | 18,97 | 0,15 | 9,29 | 1,20 | 0,01 | 0,95 | 0,06 | 0,01 | 1,75 | 0,04 | 0,01 | 1,40 | 1,66 | 0,10 | 0,37 | 0,15 | 100,0 |
| a | Promedio | 64,19 | 17,66 | 0,14 | 8,74 | 2,20 | 0,13 | 1,03 | 0,97 | 0,10 | 2,09 | 0,09 | 0,01 | 0,85 | 1,24 | 0,10 | 0,35 | 0,11 | 100,0 |
| b | | 63,98 | 18,80 | 0,11 | 8,41 | 2,06 | 0,18 | 0,95 | 0,59 | 0,04 | 1,92 | 0,06 | 0,01 | 0,98 | 1,39 | 0,07 | 0,36 | 0,12 | 100,0 |
| c | | 64,39 | 17,61 | 0,06 | 8,39 | 3,24 | 0,05 | 0,68 | 0,31 | 0,02 | 3,81 | 0,02 | 0,00 | 0,38 | 0,67 | 0,08 | 0,24 | 0,05 | 100,0 |
| d | | 63,94 | 16,49 | 0,12 | 8,53 | 2,39 | 0,12 | 1,48 | 2,30 | 0,06 | 2,99 | 0,06 | 0,01 | 0,44 | 0,75 | 0,06 | 0,17 | 0,07 | 100,0 |
| e | | 64,02 | 18,66 | 0,13 | 9,48 | 1,21 | 0,01 | 0,95 | 0,11 | 0,02 | 1,64 | 0,03 | 0,01 | 1,62 | 1,56 | 0,11 | 0,30 | 0,15 | 100,0 |

Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula en porcentajes en peso de óxidos (*)

| Partícula | Punto | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% |
|-----------|----------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|------------------|---------------|
| | | Al ₂ O ₃ | Si O ₂ | P ₂ O ₅ | S O ₃ | K ₂ O | Ca O | Fe ₂ O ₃ | As ₂ O ₅ | Sr O | Ba O | La ₂ O ₃ | Ce ₂ O ₃ | Pr ₂ O ₃ | Nd ₂ O ₃ | Gd ₂ O ₃ | Pb O | H ₂ O | Total |
| a | 2.2.1 | 32,25 | 0,21 | 21,22 | 6,64 | 0,29 | 2,52 | 2,36 | 0,35 | 7,20 | 0,68 | 4,87 | 7,03 | 0,50 | 2,12 | 0,56 | 0,00 | 11,18 | 100,00 |
| | 2.2.2 | 32,44 | 0,28 | 22,39 | 5,87 | 0,23 | 1,99 | 1,79 | 0,32 | 6,71 | 0,25 | 5,41 | 7,85 | 0,66 | 2,02 | 0,80 | 0,04 | 10,98 | 100,00 |
| | 2.2.3 | 30,16 | 0,39 | 21,75 | 6,09 | 0,14 | 1,61 | 3,99 | 0,46 | 8,86 | 0,49 | 4,32 | 6,55 | 0,61 | 2,05 | 0,67 | 0,10 | 11,78 | 100,00 |
| b | 2.2.4 | 32,67 | 0,19 | 19,71 | 5,47 | 0,25 | 1,75 | 1,56 | 0,12 | 6,63 | 0,28 | 5,61 | 7,84 | 0,39 | 2,11 | 0,70 | 0,09 | 14,64 | 100,00 |
| | 2.2.5 | 32,71 | 0,26 | 20,99 | 5,77 | 0,33 | 1,87 | 1,64 | 0,18 | 6,92 | 0,39 | 5,30 | 7,66 | 0,41 | 1,98 | 0,71 | 0,00 | 12,87 | 100,00 |
| c | 2.2.6 | 32,67 | 0,09 | 21,47 | 9,86 | 0,10 | 1,40 | 0,56 | 0,09 | 14,11 | 0,16 | 2,29 | 3,68 | 0,46 | 1,46 | 0,32 | 0,00 | 11,30 | 100,00 |
| | 2.2.7 | 32,24 | 0,17 | 20,76 | 9,16 | 0,10 | 1,40 | 0,54 | 0,11 | 13,94 | 0,21 | 2,32 | 3,99 | 0,63 | 1,15 | 0,33 | 0,00 | 12,93 | 100,00 |
| | 2.2.8 | 32,27 | 0,13 | 21,54 | 9,26 | 0,08 | 1,36 | 0,71 | 0,00 | 14,35 | 0,00 | 2,35 | 3,99 | 0,49 | 1,34 | 0,35 | 0,04 | 11,73 | 100,00 |
| | 2.2.9 | 31,52 | 0,11 | 21,93 | 8,69 | 0,07 | 1,43 | 1,13 | 0,15 | 14,57 | 0,08 | 2,11 | 4,02 | 0,48 | 1,57 | 0,44 | 0,00 | 11,71 | 100,00 |
| | 2.2.10 | 32,10 | 0,17 | 21,54 | 9,29 | 0,08 | 1,34 | 1,56 | 0,06 | 14,05 | 0,08 | 2,02 | 3,95 | 0,35 | 1,49 | 0,28 | 0,12 | 11,52 | 100,00 |
| | 2.2.11 | 32,56 | 0,15 | 20,97 | 9,59 | 0,10 | 1,33 | 0,80 | 0,00 | 13,92 | 0,11 | 2,23 | 4,02 | 0,39 | 1,59 | 0,27 | 0,06 | 11,93 | 100,00 |
| d | 2.2.12 | 29,63 | 0,24 | 21,65 | 6,84 | 0,19 | 3,20 | 6,79 | 0,28 | 11,00 | 0,39 | 2,40 | 4,16 | 0,33 | 0,99 | 0,43 | 0,13 | 11,35 | 100,00 |
| | 2.2.13 | 30,40 | 0,30 | 21,56 | 6,82 | 0,23 | 2,70 | 6,35 | 0,25 | 11,09 | 0,32 | 2,76 | 4,65 | 0,41 | 1,07 | 0,47 | 0,00 | 10,62 | 100,00 |
| e | 2.2.14 | 31,93 | 0,26 | 22,98 | 3,37 | 0,01 | 1,79 | 0,07 | 0,11 | 5,52 | 0,11 | 10,05 | 8,52 | 0,51 | 1,48 | 0,90 | 0,00 | 12,38 | 100,00 |
| | 2.2.15 | 31,82 | 0,26 | 22,94 | 3,20 | 0,04 | 1,80 | 0,66 | 0,05 | 5,56 | 0,21 | 9,00 | 8,32 | 0,77 | 1,56 | 0,86 | 0,05 | 12,91 | 100,00 |
| | 2.2.16 | 32,07 | 0,30 | 21,86 | 3,17 | 0,01 | 1,76 | 0,16 | 0,03 | 6,01 | 0,18 | 7,55 | 9,02 | 0,53 | 2,06 | 0,91 | 0,06 | 14,32 | 100,00 |
| a | Promedio | 31,62 | 0,29 | 21,78 | 6,20 | 0,22 | 2,04 | 2,71 | 0,38 | 7,59 | 0,47 | 4,86 | 7,14 | 0,59 | 2,06 | 0,68 | 0,05 | 11,31 | 100,00 |
| b | | 32,69 | 0,22 | 20,35 | 5,62 | 0,29 | 1,81 | 1,60 | 0,15 | 6,78 | 0,33 | 5,45 | 7,75 | 0,40 | 2,05 | 0,71 | 0,04 | 13,75 | 100,00 |
| c | | 32,23 | 0,14 | 21,37 | 9,31 | 0,09 | 1,38 | 0,88 | 0,07 | 14,16 | 0,11 | 2,22 | 3,94 | 0,47 | 1,43 | 0,33 | 0,04 | 11,85 | 100,00 |
| d | | 30,02 | 0,27 | 21,61 | 6,83 | 0,21 | 2,95 | 6,57 | 0,26 | 11,05 | 0,36 | 2,58 | 4,40 | 0,37 | 1,03 | 0,45 | 0,06 | 10,98 | 100,00 |
| e | | 31,94 | 0,27 | 22,59 | 3,25 | 0,02 | 1,79 | 0,30 | 0,06 | 5,70 | 0,17 | 8,87 | 8,62 | 0,60 | 1,70 | 0,89 | 0,04 | 13,20 | 100,00 |

(*) porcentajes de H₂O calculados por diferencia

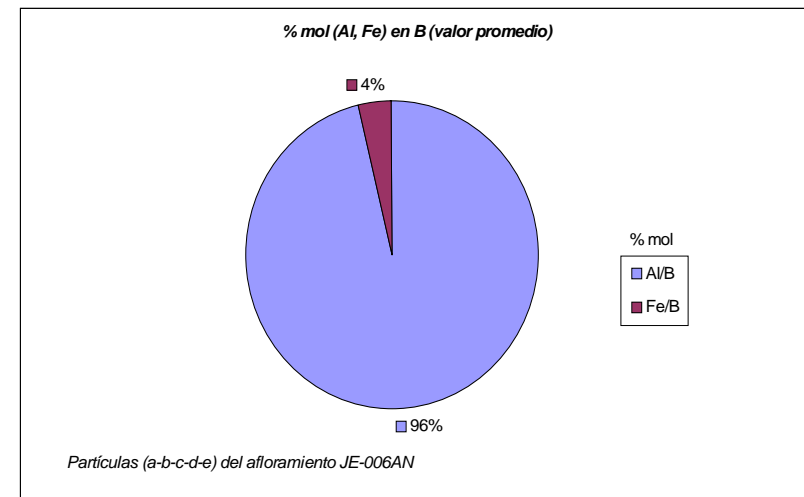
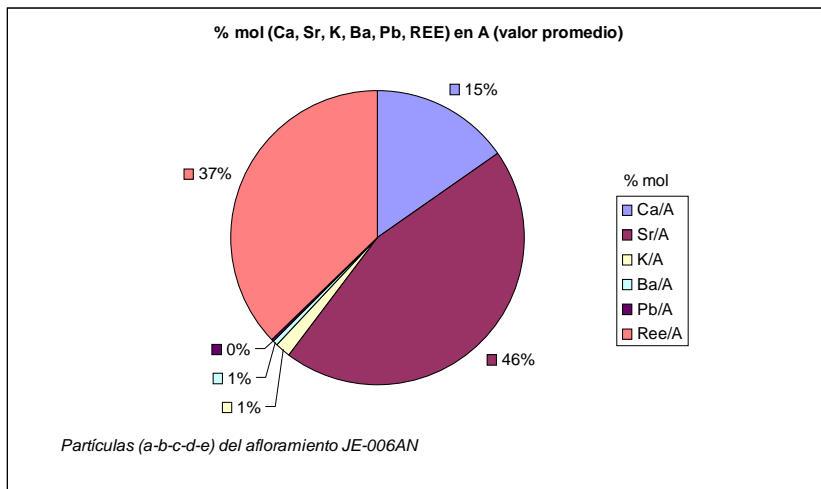
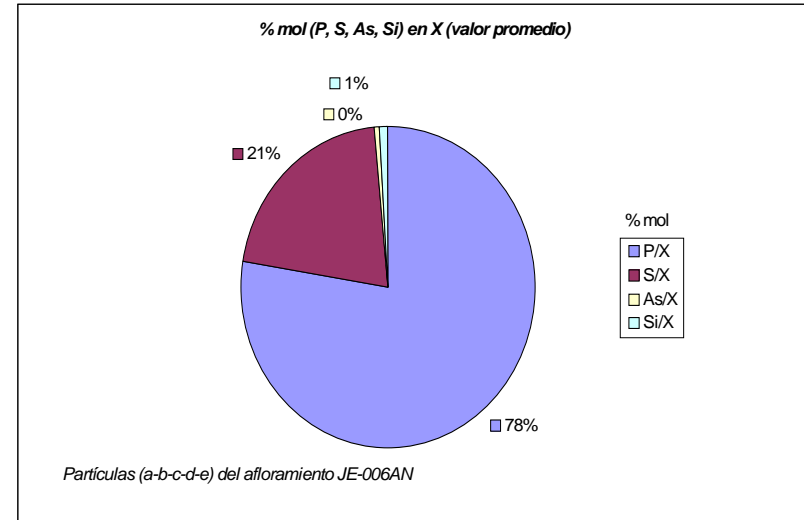
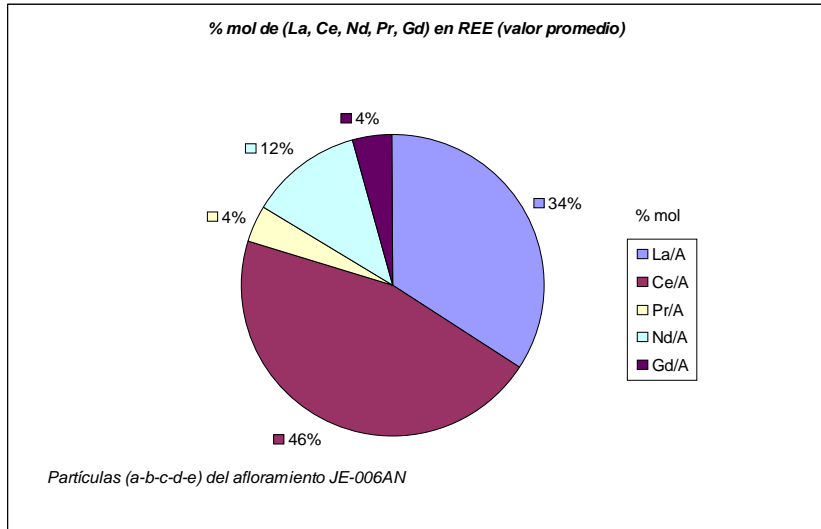
Cálculo del % mol que ocupa cada elemento en su fracción de la fórmula general

Cálculo del elemento predominante en el sitio A (en A%)

→ Sr REE

| Puntos | % mol | | | | | | | | | | | | | | | | | | A% | |
|--------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|---------|
| | P/X | S/X | As/X | Si/X | Al/B | Fe/B | Ca/A | Sr/A | K/A | Ba/A | Pb/A | La/A | Ce/A | Pr/A | Nd/A | Gd/A | REE/A | (A-REE)/A | (Sr-REE) | (Sr-Ca) |
| 2.2.1 | 76,99 | 21,28 | 0,81 | 0,92 | 95,55 | 4,45 | 20,76 | 32,06 | 2,88 | 2,07 | 0,02 | 13,77 | 19,78 | 1,40 | 5,83 | 1,43 | 42,22 | 57,77 | -0,62 | 0,694 |
| 2.2.2 | 79,64 | 18,49 | 0,72 | 1,15 | 96,61 | 3,39 | 16,99 | 31,10 | 2,29 | 0,78 | 0,08 | 15,97 | 23,01 | 1,92 | 5,78 | 2,11 | 48,79 | 51,17 | -1,04 | 0,831 |
| 2.2.3 | 78,00 | 19,35 | 1,02 | 1,63 | 92,22 | 7,78 | 13,88 | 41,31 | 1,51 | 1,54 | 0,22 | 12,82 | 19,32 | 1,80 | 5,91 | 1,78 | 41,63 | 58,24 | -0,01 | 1,636 |
| 2.2.4 | 79,32 | 19,50 | 0,29 | 0,89 | 97,04 | 2,96 | 15,29 | 31,40 | 2,67 | 0,89 | 0,18 | 16,94 | 23,47 | 1,16 | 6,17 | 1,92 | 49,65 | 50,26 | -1,10 | 0,976 |
| 2.2.5 | 79,21 | 19,28 | 0,42 | 1,10 | 96,90 | 3,10 | 16,13 | 32,24 | 3,32 | 1,22 | 0,02 | 15,73 | 22,54 | 1,20 | 5,69 | 1,92 | 47,08 | 52,91 | -0,89 | 0,966 |
| 2.2.6 | 70,70 | 28,76 | 0,19 | 0,36 | 98,92 | 1,08 | 11,71 | 63,68 | 0,93 | 0,48 | 0,00 | 6,55 | 10,49 | 1,27 | 4,06 | 0,83 | 23,20 | 76,80 | 2,39 | 3,062 |
| 2.2.7 | 71,23 | 27,85 | 0,24 | 0,67 | 98,93 | 1,07 | 11,68 | 62,86 | 0,91 | 0,66 | 0,00 | 6,67 | 11,37 | 1,79 | 3,21 | 0,86 | 23,89 | 76,11 | 2,36 | 3,093 |
| 2.2.8 | 72,03 | 27,46 | 0,00 | 0,51 | 98,62 | 1,38 | 11,23 | 64,00 | 0,81 | 0,00 | 0,08 | 6,67 | 11,27 | 1,38 | 3,69 | 0,88 | 23,89 | 76,04 | 2,42 | 3,176 |
| 2.2.9 | 73,41 | 25,81 | 0,31 | 0,46 | 97,77 | 2,23 | 11,60 | 63,82 | 0,65 | 0,23 | 0,00 | 5,89 | 11,11 | 1,33 | 4,25 | 1,14 | 23,71 | 76,29 | 2,47 | 3,220 |
| 2.2.10 | 71,75 | 27,46 | 0,14 | 0,66 | 97,00 | 3,00 | 11,23 | 63,82 | 0,80 | 0,24 | 0,24 | 5,83 | 11,35 | 1,00 | 4,18 | 1,36 | 23,73 | 76,09 | 2,37 | 3,099 |
| 2.2.11 | 70,72 | 28,69 | 0,01 | 0,58 | 98,45 | 1,55 | 11,05 | 62,60 | 0,92 | 0,33 | 0,12 | 6,40 | 11,41 | 1,11 | 4,41 | 1,68 | 25,01 | 74,90 | 2,25 | 3,079 |
| 2.2.12 | 76,86 | 21,56 | 0,59 | 0,99 | 87,25 | 12,75 | 25,84 | 48,10 | 1,84 | 1,15 | 0,26 | 6,71 | 11,50 | 0,91 | 2,68 | 1,08 | 22,88 | 76,92 | 1,57 | 1,380 |
| 2.2.13 | 76,73 | 21,47 | 0,55 | 1,26 | 88,24 | 11,76 | 22,06 | 48,90 | 2,17 | 0,95 | 0,00 | 7,72 | 12,95 | 1,14 | 2,93 | 1,18 | 25,92 | 74,08 | 1,41 | 1,641 |
| 2.2.14 | 87,24 | 11,37 | 0,25 | 1,14 | 99,85 | 0,15 | 14,73 | 24,58 | 0,17 | 0,34 | 0,00 | 28,45 | 23,94 | 1,44 | 4,06 | 2,28 | 60,17 | 39,83 | -2,28 | 0,631 |
| 2.2.15 | 87,85 | 10,88 | 0,12 | 1,15 | 98,69 | 1,31 | 15,17 | 25,17 | 0,33 | 0,65 | 0,13 | 25,96 | 23,82 | 2,22 | 4,36 | 2,25 | 58,63 | 41,32 | -2,11 | 0,631 |
| 2.2.16 | 87,28 | 11,27 | 0,08 | 1,37 | 99,67 | 0,33 | 14,75 | 27,22 | 0,09 | 0,56 | 0,14 | 21,81 | 25,87 | 1,50 | 5,77 | 2,37 | 57,32 | 42,62 | -1,93 | 0,800 |
| | 77,44 | 21,28 | 0,36 | 0,93 | 96,36 | 3,64 | 15,26 | 45,18 | 1,39 | 0,76 | 0,09 | 12,74 | 17,07 | 1,41 | 4,56 | 1,57 | 37,36 | 62,58 | ← Promedio | |
| | 5,71 | 6,00 | 0,29 | 0,35 | 3,72 | 3,72 | 4,21 | 15,65 | 0,98 | 0,52 | 0,09 | 7,29 | 5,84 | 0,35 | 1,11 | 0,52 | 14,18 | 14,17 | ← Desvest | |

Gráficos circulares donde se representa para el conjunto de las partículas seleccionadas de G-02 (afloramiento JE-006-AN) el porcentaje del % mol (valor promedio) de cada uno los elementos que conforman los sitios X, B y A de la fórmula general.



Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula (nº átomos por fórmula unitaria en base a X=2)

| Partícula | Punto | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | Ba | Pb | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|
| a | 2.2.1 | 1,54 | 0,43 | 0,02 | 0,02 | 3,26 | 0,15 | 0,03 | 0,23 | 0,36 | 0,02 | 0,00 | 0,15 | 0,22 | 0,02 | 0,07 | 0,02 | 1,12 | 3,41 | 2,00 | 7,31 |
| | 2.2.2 | 1,59 | 0,37 | 0,01 | 0,02 | 3,22 | 0,11 | 0,02 | 0,18 | 0,33 | 0,01 | 0,00 | 0,17 | 0,24 | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 1,05 | 3,33 | 2,00 | 6,92 |
| | 2.2.3 | 1,56 | 0,39 | 0,02 | 0,03 | 3,01 | 0,25 | 0,02 | 0,15 | 0,43 | 0,02 | 0,00 | 0,13 | 0,20 | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 1,05 | 3,26 | 2,00 | 6,67 |
| b | 2.2.4 | 1,59 | 0,39 | 0,01 | 0,02 | 3,66 | 0,11 | 0,03 | 0,18 | 0,37 | 0,01 | 0,00 | 0,20 | 0,27 | 0,01 | 0,07 | 0,02 | 1,16 | 3,77 | 2,00 | 8,55 |
| | 2.2.5 | 1,58 | 0,39 | 0,01 | 0,02 | 3,44 | 0,11 | 0,04 | 0,18 | 0,36 | 0,01 | 0,00 | 0,17 | 0,25 | 0,01 | 0,06 | 0,02 | 1,11 | 3,55 | 2,00 | 7,71 |
| c | 2.2.6 | 1,41 | 0,58 | 0,00 | 0,01 | 3,00 | 0,03 | 0,01 | 0,12 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,10 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,00 | 3,03 | 2,00 | 5,88 |
| | 2.2.7 | 1,42 | 0,56 | 0,00 | 0,01 | 3,08 | 0,03 | 0,01 | 0,12 | 0,66 | 0,01 | 0,00 | 0,07 | 0,12 | 0,02 | 0,03 | 0,01 | 1,04 | 3,11 | 2,00 | 6,21 |
| | 2.2.8 | 1,44 | 0,55 | 0,00 | 0,01 | 3,00 | 0,04 | 0,01 | 0,12 | 0,66 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,12 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,03 | 3,05 | 2,00 | 5,97 |
| | 2.2.9 | 1,47 | 0,52 | 0,01 | 0,01 | 2,94 | 0,07 | 0,01 | 0,12 | 0,67 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,12 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,05 | 3,00 | 2,00 | 5,85 |
| | 2.2.10 | 1,44 | 0,55 | 0,00 | 0,01 | 2,98 | 0,09 | 0,01 | 0,11 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,11 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,00 | 3,07 | 2,00 | 5,97 |
| | 2.2.11 | 1,41 | 0,57 | 0,00 | 0,01 | 3,06 | 0,05 | 0,01 | 0,11 | 0,64 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,12 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 1,02 | 3,11 | 2,00 | 6,15 |
| d | 2.2.12 | 1,54 | 0,43 | 0,01 | 0,02 | 2,93 | 0,43 | 0,02 | 0,29 | 0,54 | 0,01 | 0,00 | 0,07 | 0,13 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,11 | 3,36 | 2,00 | 6,94 |
| | 2.2.13 | 1,53 | 0,43 | 0,01 | 0,03 | 3,01 | 0,40 | 0,02 | 0,24 | 0,54 | 0,01 | 0,00 | 0,09 | 0,14 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,11 | 3,41 | 2,00 | 7,12 |
| e | 2.2.14 | 1,74 | 0,23 | 0,00 | 0,02 | 3,37 | 0,00 | 0,00 | 0,17 | 0,29 | 0,00 | 0,00 | 0,33 | 0,28 | 0,02 | 0,05 | 0,03 | 1,17 | 3,38 | 2,00 | 7,38 |
| | 2.2.15 | 1,76 | 0,22 | 0,00 | 0,02 | 3,39 | 0,05 | 0,00 | 0,18 | 0,29 | 0,01 | 0,00 | 0,30 | 0,28 | 0,03 | 0,05 | 0,03 | 1,16 | 3,44 | 2,00 | 7,49 |
| | 2.2.16 | 1,75 | 0,23 | 0,00 | 0,03 | 3,56 | 0,01 | 0,00 | 0,18 | 0,33 | 0,01 | 0,00 | 0,26 | 0,31 | 0,02 | 0,07 | 0,03 | 1,21 | 3,58 | 2,00 | 8,03 |
| a | Promedio | 1,56 | 0,39 | 0,02 | 0,02 | 3,16 | 0,17 | 0,02 | 0,19 | 0,37 | 0,02 | 0,00 | 0,15 | 0,22 | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 1,07 | 3,33 | 2,00 | 6,97 |
| b | | 1,59 | 0,39 | 0,01 | 0,02 | 3,55 | 0,11 | 0,03 | 0,18 | 0,36 | 0,01 | 0,00 | 0,19 | 0,26 | 0,01 | 0,07 | 0,02 | 1,14 | 3,66 | 2,00 | 8,13 |
| c | | 1,43 | 0,55 | 0,00 | 0,01 | 3,01 | 0,05 | 0,01 | 0,12 | 0,65 | 0,00 | 0,00 | 0,06 | 0,11 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,02 | 3,06 | 2,00 | 6,00 |
| d | | 1,54 | 0,43 | 0,01 | 0,02 | 2,97 | 0,41 | 0,02 | 0,27 | 0,54 | 0,01 | 0,00 | 0,08 | 0,14 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,11 | 3,39 | 2,00 | 7,03 |
| e | | 1,75 | 0,22 | 0,00 | 0,02 | 3,44 | 0,02 | 0,00 | 0,18 | 0,30 | 0,01 | 0,00 | 0,30 | 0,29 | 0,02 | 0,06 | 0,03 | 1,18 | 3,46 | 2,00 | 7,63 |

Fórmulas estructurales que se deducen de los valores promedio de cada partícula

| | | | | |
|----|---|------------------------------------|---|--------------------|
| a: | $(K_{0,02}Ca_{0,19}Sr_{0,37}Ba_{0,02}Pb_{0,00}La_{0,15}Ce_{0,22}Pr_{0,02}Nd_{0,06}Gd_{0,02}) \Sigma 1,07$ | $(Al_{3,16}Fe_{0,17}) \Sigma 3,33$ | $(P_{1,56}S_{0,39}As_{0,02}Si_{0,02}) \Sigma 2,000$ | $(OH_{6,97}) H_2O$ |
| b: | $(K_{0,03}Ca_{0,18}Sr_{0,36}Ba_{0,01}Pb_{0,00}La_{0,19}Ce_{0,26}Pr_{0,01}Nd_{0,07}Gd_{0,02}) \Sigma 1,14$ | $(Al_{3,55}Fe_{0,11}) \Sigma 3,66$ | $(P_{1,59}S_{0,39}As_{0,01}Si_{0,02}) \Sigma 2,000$ | $(OH_{8,13}) H_2O$ |
| c: | $(K_{0,01}Ca_{0,12}Sr_{0,65}Ba_{0,00}Pb_{0,00}La_{0,06}Ce_{0,11}Pr_{0,01}Nd_{0,04}Gd_{0,01}) \Sigma 1,02$ | $(Al_{3,01}Fe_{0,05}) \Sigma 3,06$ | $(P_{1,43}S_{0,55}As_{0,00}Si_{0,01}) \Sigma 2,000$ | $(OH_{6,00}) H_2O$ |
| d: | $(K_{0,02}Ca_{0,27}Sr_{0,54}Ba_{0,01}Pb_{0,00}La_{0,08}Ce_{0,14}Pr_{0,01}Nd_{0,03}Gd_{0,01}) \Sigma 1,11$ | $(Al_{2,97}Fe_{0,41}) \Sigma 3,39$ | $(P_{1,54}S_{0,43}As_{0,01}Si_{0,02}) \Sigma 2,000$ | $(OH_{7,03}) H_2O$ |
| e: | $(K_{0,00}Ca_{0,18}Sr_{0,30}Ba_{0,01}Pb_{0,00}La_{0,30}Ce_{0,29}Pr_{0,02}Nd_{0,06}Gd_{0,03}) \Sigma 1,18$ | $(Al_{3,44}Fe_{0,02}) \Sigma 3,46$ | $(P_{1,75}S_{0,22}As_{0,00}Si_{0,02}) \Sigma 2,000$ | $(OH_{7,63}) H_2O$ |

Gráficos de dispersión donde se comparan los valores obtenidos de % mol REE/A con los de (% mol P/X, %mol S/X, %mol As/X), (% mol Sr/A, % mol Ca/A, % mol K/A,% mol Ba) y % mol (A-REE)/A. Se han elaborado para observar el posible grado de sustitución y su línea de tendencia. (Figuras: 23 a 30)

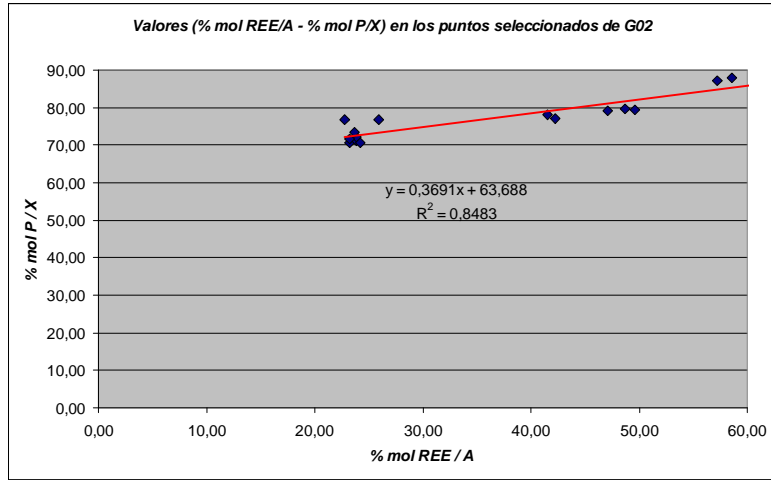


Fig.23: Puntos con tendencia lineal: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol P/X)

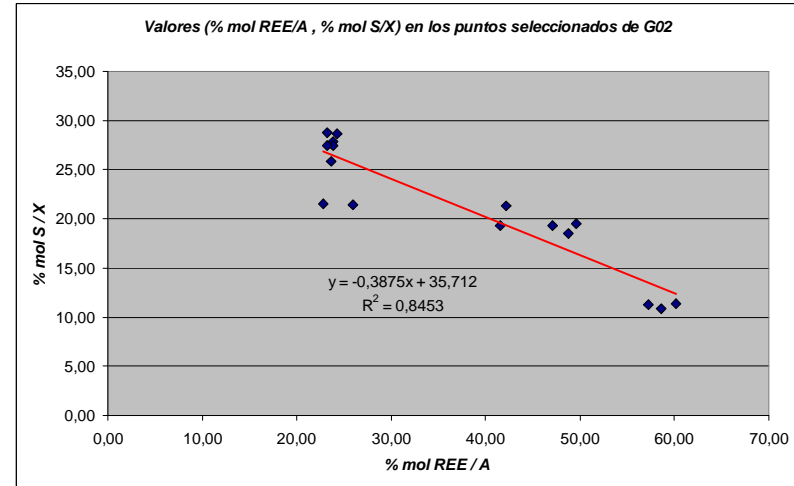


Fig.24: Puntos con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol S/X)

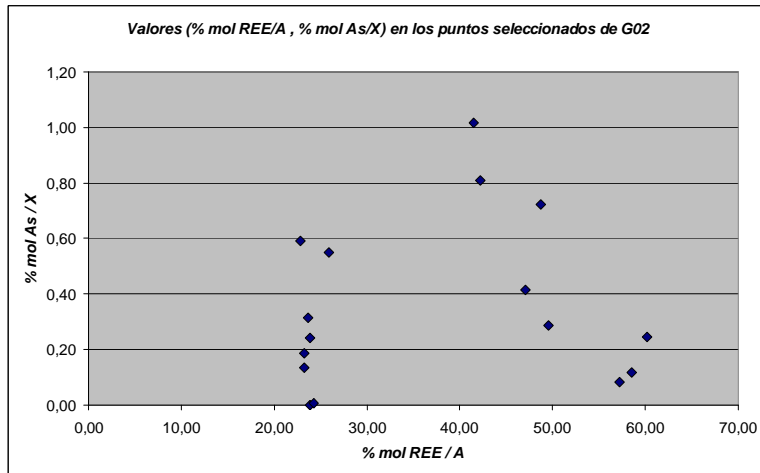


Fig.25: Distribución puntos (%mol REE/A, % mol As/X) sin tendencia apreciable

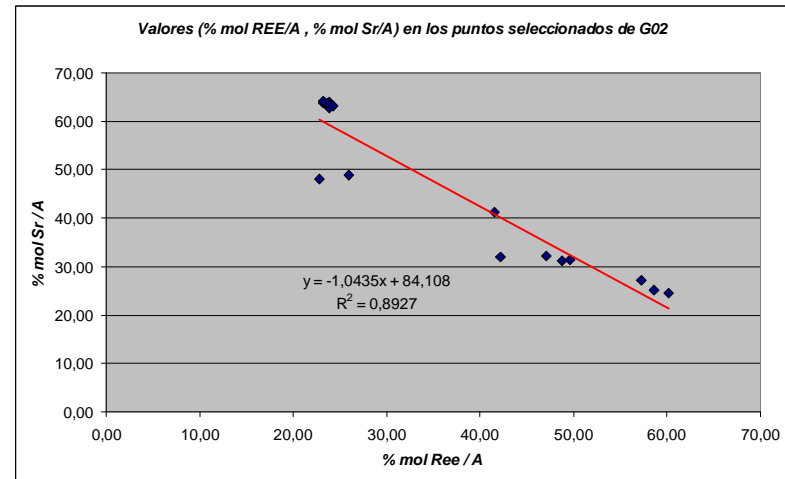


Fig. 26: Puntos con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Sr/A)

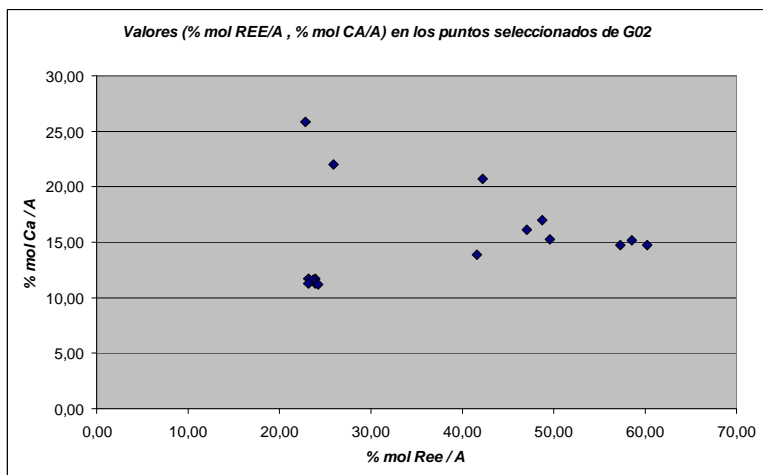


Fig.27: Distribución puntos (%mol REE/A,%mol Ca/A) sin tendencia apreciable

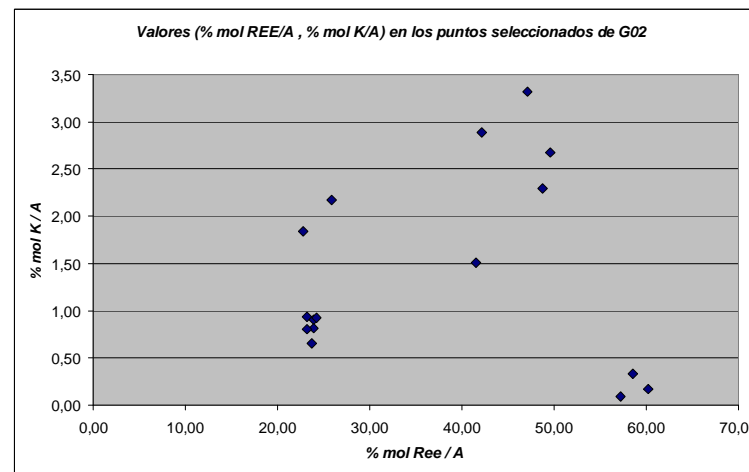


Fig.28: Distribución puntos (%mol REE/A,% mol K/A) sin tendencia apreciable

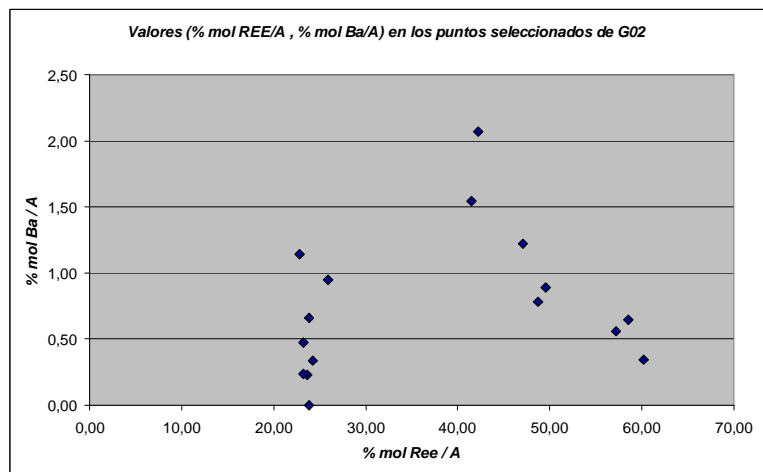


Fig.29: Distribución puntos (%mol REE/A,%mol Ba/A) sin tendencia apreciable

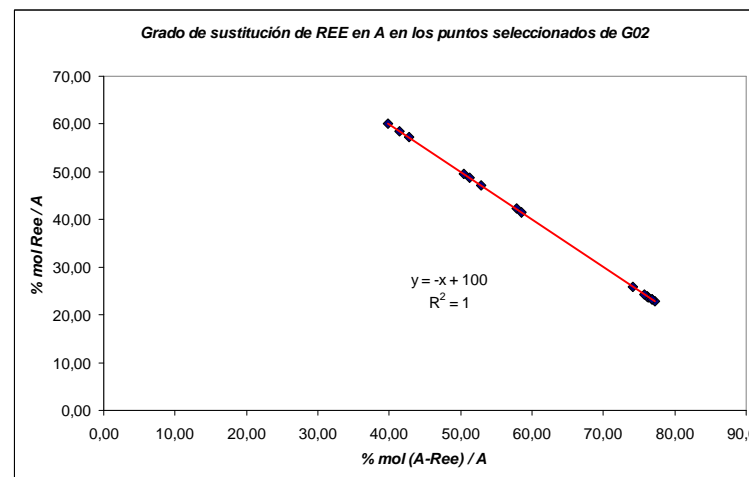
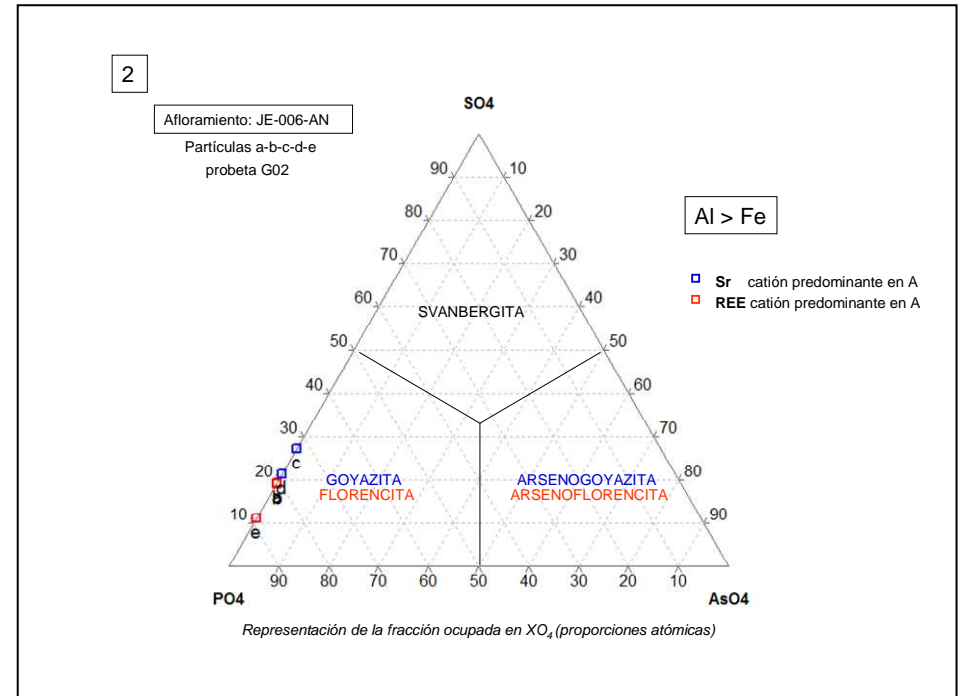
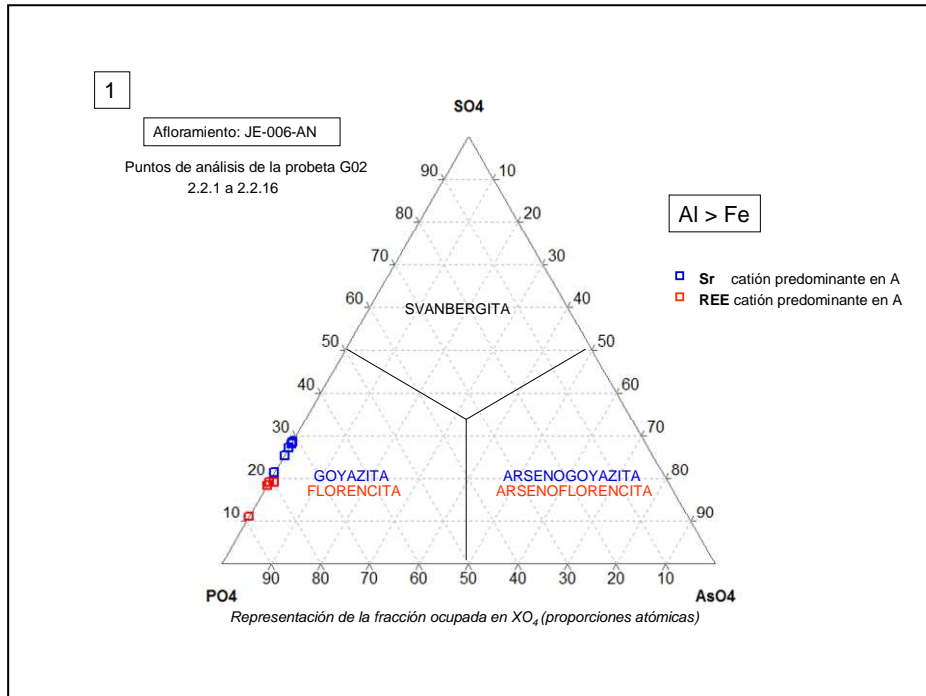


Fig. 30: Distribución puntos [%mol (A-REE)/A,%mol REE/A] en perfecta tendencia lineal

Clasificación mineralógica para cada punto y a nivel de partícula de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999)

| Puntos | 2.2.1 | 2.2.2 | 2.2.3 | 2.2.4 | 2.2.5 | 2.2.6 | 2.2.7 | 2.2.8 | 2.2.12 | 2.2.13 | 2.2.14 | 2.2.15 | 2.2.16 | 2.2.9 | 2.2.10 | 2.2.11 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|
| SO ₄ | 21,5 | 18,7 | 19,7 | 19,7 | 19,5 | 28,9 | 28 | 27,6 | 21,8 | 21,7 | 11,5 | 11 | 11,4 | 25,9 | 27,6 | 28,9 |
| PO ₄ | 77,7 | 80,6 | 79,3 | 80 | 80,1 | 70,9 | 71,7 | 72,4 | 77,6 | 77,7 | 88,2 | 88,9 | 88,5 | 73,8 | 72,2 | 71,1 |
| AsO ₄ | 0,82 | 0,73 | 1,03 | 0,29 | 0,42 | 0,19 | 0,24 | 0 | 0,6 | 0,56 | 0,25 | 0,12 | 0,09 | 0,32 | 0,14 | 0,01 |
| Predominio | REE | REE | REE | REE | REE | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | REE | REE | REE | Sr | Sr | Sr |

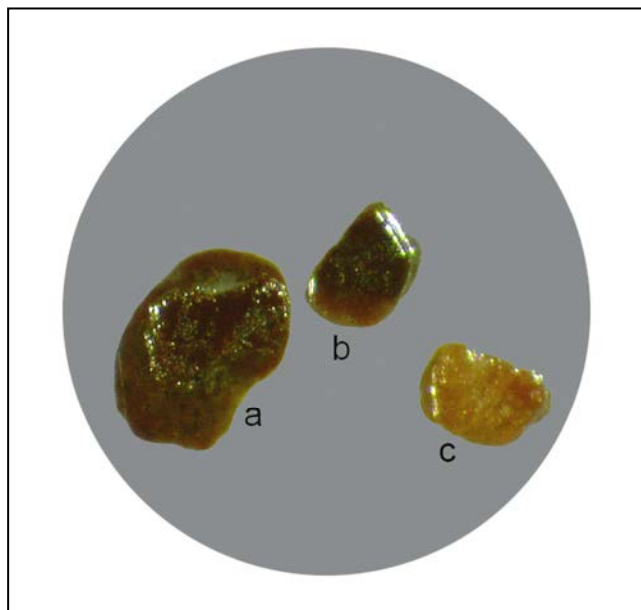
| | Partículas | a | b | c | d | e |
|--------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % SO ₄ | Promedios | 19,95 | 19,58 | 27,82 | 21,76 | 11,31 |
| % PO ₄ | | 79,19 | 80,06 | 72,03 | 77,67 | 88,54 |
| % AsO ₄ | | 0,86 | 0,36 | 0,15 | 0,58 | 0,15 |
| Predominio | | REE | REE | Sr | Sr | REE |



1 - Los puntos de análisis (2.2.6 a 2.2.13) con predominio de estroncio en A corresponden a *goyazita*. Los puntos (2.2.1 a 2.2.5 y 2.2.16) con predominio de REE en A y mayor proporción de cerio corresponden a *florencita* (Ce). Los puntos (2.2.14 y 2.2.15) corresponden a *florencita* (La).

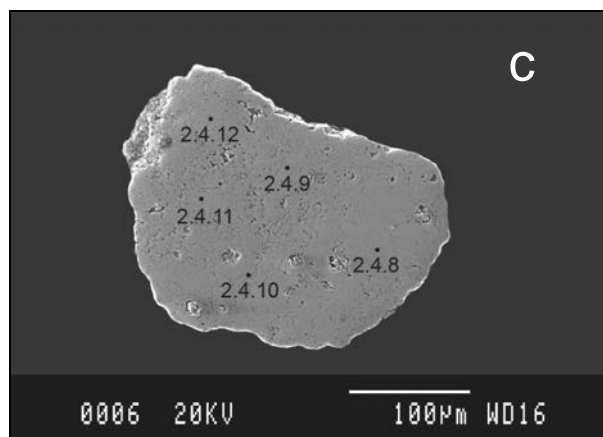
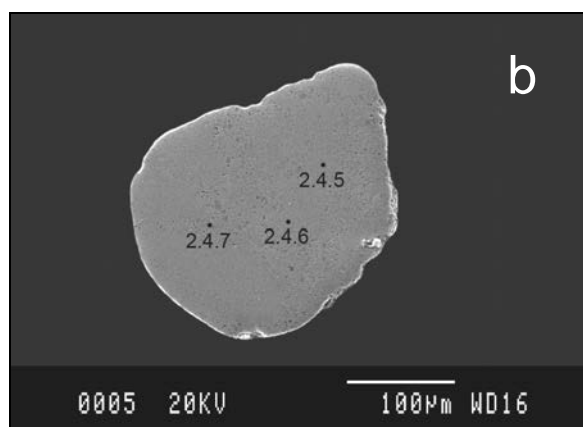
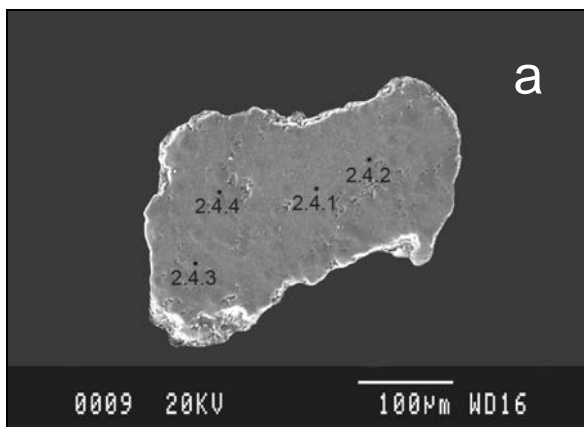
2 - A nivel de partícula, (c-d) corresponden a *goyazita* y (a-b-e) corresponden a *florencita* (La-Ce).

Probeta G-02 (afloramiento JE-007-VOR)



*Partículas seleccionadas de la probeta G-02.
 Afloramiento JE-007-VOR.
 Coll de la Manya
 Mioceno*

| Probeta G-02 (007-VOR) | | | | | | |
|---|--------------|--------------------------------------|-------|--------|-------|--------|
| Afloramiento | nº part | Puntos de análisis en cada partícula | | | | |
| | | a | | b | c | |
| JE-007-VOR C. de la Manya Mioceno | 3 (a,b,c) | 2.4.1 | 2.4.4 | 2.4.5 | 2.4.8 | 2.4.11 |
| | | 2.4.2 | | 2.4.6 | 2.4.9 | |
| | | 2.4.3 | 2.4.7 | 2.4.10 | | |



Afloramiento: **JE-007-VOR** (Mioceno)
UTMX: 393524E, UTMY: 4594885N (Coll de la Manya)
Muestras: Probeta G02 - 3 partículas (a-b-c) - Puntos de análisis seleccionados: 12
Método de análisis: **EMPA**
Elementos analizados: **F, Al, Si, P, S, K, Ca, Fe, As, Sr, Ba, Pb, La, Ce, Pr, Nd, Gd.**

Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula expresada en A%

| Partícula | Punto | O A% | F A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | K A% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | Ba A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | Gd A% | Totales |
|-----------|-----------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| a | 2.4.1 | 61,90 | 5,04 | 15,94 | 0,11 | 8,49 | 2,54 | 0,67 | 2,82 | 0,81 | 0,05 | 0,82 | 0,26 | 0,12 | 0,27 | 0,03 | 0,13 | 0,02 | 100,0 |
| | 2.4.2 | 63,02 | 2,76 | 12,82 | 8,06 | 5,02 | 2,34 | 0,73 | 2,23 | 1,64 | 0,02 | 0,57 | 0,28 | 0,09 | 0,26 | 0,05 | 0,09 | 0,02 | 100,0 |
| | 2.4.3 | 63,26 | 2,43 | 16,84 | 0,12 | 5,52 | 5,37 | 1,30 | 2,85 | 1,23 | 0,02 | 0,38 | 0,33 | 0,07 | 0,22 | 0,00 | 0,05 | 0,01 | 100,0 |
| | 2.4.4 | 63,46 | 2,52 | 12,44 | 6,05 | 6,32 | 2,67 | 0,80 | 2,12 | 2,49 | 0,03 | 0,47 | 0,23 | 0,07 | 0,23 | 0,03 | 0,07 | 0,01 | 100,0 |
| b | 2.4.5 | 63,59 | 1,36 | 17,28 | 0,12 | 8,17 | 2,49 | 0,30 | 1,17 | 1,05 | 0,15 | 1,42 | 0,37 | 1,18 | 1,02 | 0,06 | 0,21 | 0,08 | 100,0 |
| | 2.4.6 | 63,45 | 1,23 | 16,73 | 0,16 | 8,36 | 1,96 | 0,15 | 1,47 | 1,92 | 0,23 | 1,62 | 0,09 | 1,24 | 1,03 | 0,10 | 0,15 | 0,12 | 100,0 |
| | 2.4.7 | 63,54 | 1,10 | 16,93 | 0,16 | 7,54 | 2,69 | 0,47 | 1,15 | 2,12 | 0,17 | 1,39 | 0,27 | 1,20 | 0,98 | 0,04 | 0,17 | 0,08 | 100,0 |
| c | 2.4.8 | 63,40 | 2,05 | 17,05 | 0,17 | 8,93 | 2,25 | 0,11 | 1,63 | 0,19 | 0,09 | 1,98 | 0,07 | 0,79 | 0,87 | 0,08 | 0,31 | 0,06 | 100,0 |
| | 2.4.9 | 63,11 | 2,39 | 17,27 | 0,12 | 8,47 | 2,30 | 0,11 | 1,42 | 0,48 | 0,08 | 2,03 | 0,10 | 0,81 | 0,91 | 0,08 | 0,25 | 0,08 | 100,0 |
| | 2.4.10 | 63,49 | 1,82 | 17,41 | 0,19 | 8,65 | 2,44 | 0,11 | 1,73 | 0,19 | 0,07 | 1,89 | 0,04 | 0,78 | 0,83 | 0,08 | 0,23 | 0,08 | 100,0 |
| | 2.4.11 | 63,42 | 1,58 | 17,75 | 0,14 | 8,93 | 1,96 | 0,05 | 1,25 | 0,12 | 0,06 | 2,33 | 0,07 | 0,93 | 0,99 | 0,06 | 0,28 | 0,10 | 100,0 |
| | 2.4.12 | 63,56 | 1,48 | 17,21 | 0,15 | 9,35 | 1,75 | 0,05 | 1,23 | 0,45 | 0,08 | 2,09 | 0,06 | 0,97 | 1,09 | 0,08 | 0,30 | 0,09 | 100,0 |
| a | Promedio | 62,91 | 3,19 | 14,51 | 3,58 | 6,34 | 3,23 | 0,87 | 2,50 | 1,54 | 0,03 | 0,56 | 0,28 | 0,09 | 0,25 | 0,03 | 0,08 | 0,01 | 100,0 |
| b | | 63,53 | 1,23 | 16,98 | 0,15 | 8,02 | 2,38 | 0,31 | 1,26 | 1,69 | 0,18 | 1,48 | 0,24 | 1,21 | 1,01 | 0,07 | 0,18 | 0,09 | 100,0 |
| c | | 63,39 | 1,86 | 17,34 | 0,15 | 8,87 | 2,14 | 0,08 | 1,45 | 0,28 | 0,08 | 2,06 | 0,07 | 0,86 | 0,94 | 0,08 | 0,27 | 0,08 | 100,0 |

Composición química obtenida a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula en porcentajes en peso de óxidos (*)

| Partícula | Punto | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% |
|-----------|----------|-------------|--------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|---------------|
| | | F | O%F | Al ₂ O ₃ | Si O ₂ | P ₂ O ₅ | S O ₃ | K ₂ O | Ca O | Fe ₂ O ₃ | As ₂ O ₅ | Sr O | Ba O | La ₂ O ₃ | Ce ₂ O ₃ | Pr ₂ O ₃ | Nd ₂ O ₃ | Gd ₂ O ₃ | H ₂ O | Total |
| a | 2.4.1 | 0,50 | -0,21 | 34,20 | 0,26 | 25,34 | 8,56 | 1,33 | 6,66 | 2,73 | 0,25 | 3,56 | 1,65 | 0,83 | 1,90 | 0,20 | 0,91 | 0,13 | 11,21 | 100,0 |
| | 2.4.2 | 0,92 | -0,39 | 27,72 | 20,54 | 15,12 | 7,94 | 1,46 | 5,29 | 5,55 | 0,11 | 2,51 | 1,84 | 0,62 | 1,79 | 0,35 | 0,65 | 0,12 | 7,86 | 100,0 |
| | 2.4.3 | 0,82 | -0,35 | 35,92 | 0,30 | 16,41 | 18,00 | 2,57 | 6,67 | 4,10 | 0,08 | 1,63 | 2,12 | 0,48 | 1,51 | 0,00 | 0,34 | 0,09 | 9,30 | 100,0 |
| | 2.4.4 | 0,56 | -0,24 | 27,25 | 15,62 | 19,27 | 9,19 | 1,61 | 5,09 | 8,54 | 0,14 | 2,08 | 1,54 | 0,52 | 1,60 | 0,20 | 0,51 | 0,10 | 6,41 | 100,0 |
| b | 2.4.5 | 0,94 | -0,40 | 32,08 | 0,26 | 21,10 | 7,24 | 0,52 | 2,39 | 3,05 | 0,61 | 5,37 | 2,07 | 7,00 | 6,10 | 0,36 | 1,28 | 0,52 | 9,50 | 100,0 |
| | 2.4.6 | 0,53 | -0,22 | 30,31 | 0,32 | 21,08 | 5,57 | 0,25 | 2,92 | 5,43 | 0,94 | 5,95 | 0,49 | 7,19 | 6,01 | 0,59 | 0,91 | 0,76 | 10,98 | 100,0 |
| | 2.4.7 | 0,08 | -0,03 | 30,82 | 0,34 | 19,09 | 7,69 | 0,80 | 2,31 | 6,03 | 0,71 | 5,14 | 1,47 | 6,94 | 5,73 | 0,23 | 1,03 | 0,48 | 11,14 | 100,0 |
| c | 2.4.8 | 0,00 | 0,00 | 31,91 | 0,36 | 23,26 | 6,62 | 0,18 | 3,36 | 0,54 | 0,38 | 7,52 | 0,40 | 4,74 | 5,26 | 0,46 | 1,88 | 0,39 | 12,73 | 100,0 |
| | 2.4.9 | 0,02 | -0,01 | 32,31 | 0,26 | 22,07 | 6,74 | 0,18 | 2,91 | 1,42 | 0,35 | 7,71 | 0,55 | 4,84 | 5,48 | 0,49 | 1,53 | 0,53 | 12,62 | 100,0 |
| | 2.4.10 | 0,00 | 0,00 | 32,52 | 0,41 | 22,50 | 7,14 | 0,18 | 3,55 | 0,56 | 0,29 | 7,17 | 0,19 | 4,68 | 5,00 | 0,48 | 1,45 | 0,51 | 13,38 | 100,0 |
| | 2.4.11 | 0,03 | -0,01 | 32,20 | 0,30 | 22,55 | 5,57 | 0,08 | 2,50 | 0,33 | 0,23 | 8,59 | 0,37 | 5,38 | 5,76 | 0,33 | 1,70 | 0,63 | 13,46 | 100,0 |
| | 2.4.12 | 0,08 | -0,03 | 30,78 | 0,32 | 23,30 | 4,92 | 0,08 | 2,43 | 1,26 | 0,32 | 7,60 | 0,32 | 5,54 | 6,25 | 0,49 | 1,77 | 0,56 | 13,98 | 100,0 |
| a | Promedio | 0,70 | -0,29 | 31,27 | 9,18 | 19,04 | 10,92 | 1,74 | 5,93 | 5,23 | 0,14 | 2,45 | 1,79 | 0,61 | 1,70 | 0,19 | 0,60 | 0,11 | 8,70 | 100,00 |
| b | | 0,52 | -0,22 | 31,07 | 0,31 | 20,42 | 6,83 | 0,52 | 2,54 | 4,84 | 0,75 | 5,49 | 1,34 | 7,04 | 5,95 | 0,39 | 1,07 | 0,59 | 10,54 | 100,00 |
| c | | 0,03 | -0,01 | 31,94 | 0,33 | 22,74 | 6,20 | 0,14 | 2,95 | 0,82 | 0,32 | 7,72 | 0,37 | 5,04 | 5,55 | 0,45 | 1,67 | 0,53 | 13,23 | 100,00 |

(*) porcentajes de H₂O calculados por diferencia

Cálculo del % mol que ocupa cada elemento en su fracción de la fórmula general

Cálculo de elemento predominante en el sitio A (en A%)

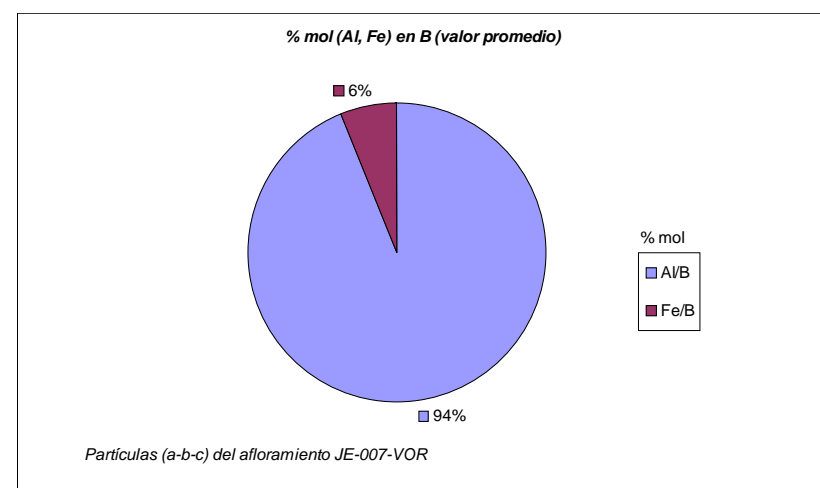
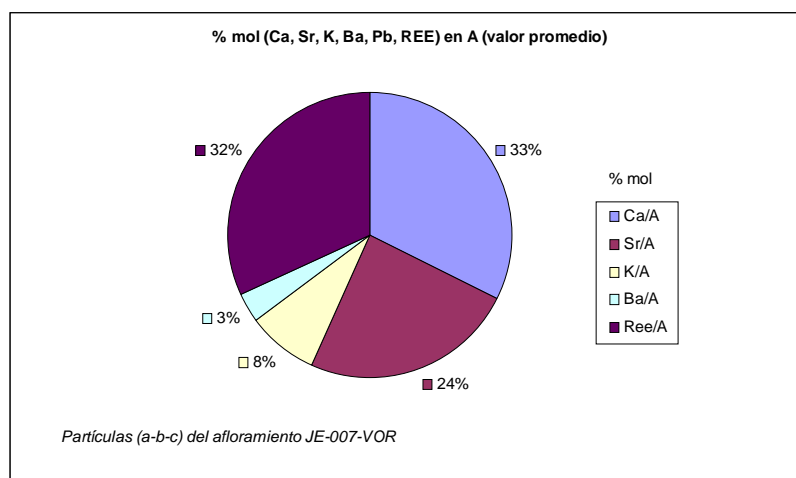
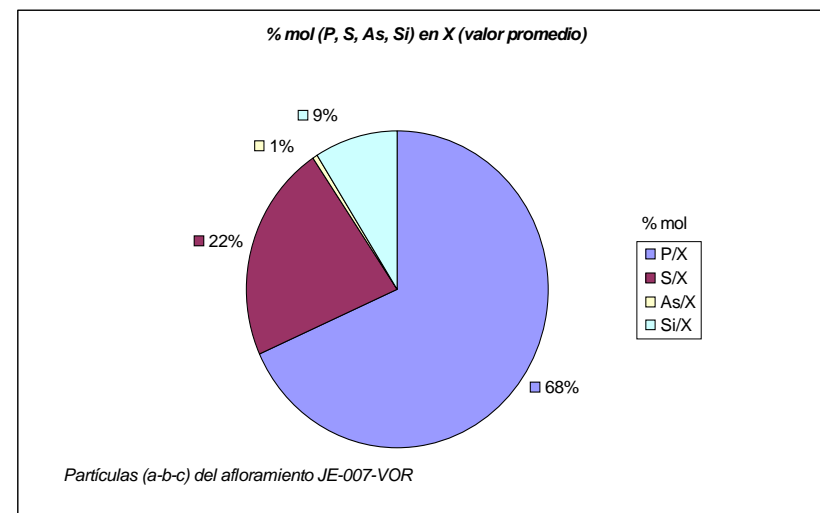
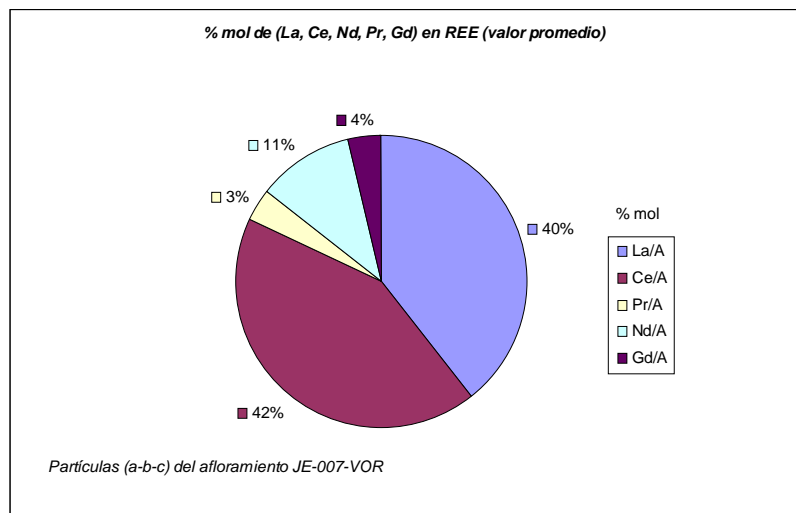
Sr

REE

Ca

| Puntos | % mol | | | | | | | | | | | | | | | | | A% | |
|--------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|---------|
| | P/X | S/X | As/X | Si/X | Al/B | Fe/B | Ca/A | Sr/A | K/A | Ba/A | La/A | Ce/A | Pr/A | Nd/A | Gd/A | REE/A | (A-REE)/A | (Sr-REE) | (Sr-Ca) |
| 2.4.1. | 75,89 | 22,73 | 0,44 | 0,94 | 95,14 | 4,86 | 55,01 | 15,88 | 13,04 | 4,99 | 2,36 | 5,34 | 0,57 | 2,51 | 0,31 | 42,22 | 57,78 | 0,25 | -2,01 |
| 2.4.2 | 32,52 | 15,14 | 0,14 | 52,2 | 88,67 | 11,33 | 51,61 | 13,22 | 16,89 | 6,56 | 2,09 | 5,98 | 1,16 | 2,11 | 0,37 | 48,79 | 51,21 | 0,06 | -1,66 |
| 2.4.3 | 50,05 | 48,70 | 0,14 | 1,11 | 93,19 | 6,81 | 54,69 | 7,21 | 25,01 | 6,34 | 1,35 | 4,23 | 0,00 | 0,92 | 0,25 | 41,63 | 58,37 | 0,02 | -2,47 |
| 2.4.4 | 41,95 | 17,72 | 0,18 | 40,15 | 83,33 | 16,67 | 52,49 | 11,62 | 19,78 | 5,78 | 1,84 | 5,66 | 0,72 | 1,76 | 0,35 | 49,65 | 50,35 | 0,05 | -1,65 |
| 2.4.5 | 74,81 | 22,76 | 1,34 | 1,10 | 94,29 | 5,71 | 20,17 | 24,48 | 5,14 | 6,35 | 20,3 | 17,55 | 1,05 | 3,60 | 1,36 | 47,08 | 52,92 | -1,13 | 0,25 |
| 2.4.6 | 78,11 | 18,28 | 2,16 | 1,45 | 89,72 | 10,28 | 24,61 | 27,07 | 2,53 | 1,49 | 20,83 | 17,26 | 1,69 | 2,53 | 1,98 | 23,20 | 76,80 | -1,03 | 0,15 |
| 2.4.7 | 71,34 | 25,51 | 1,64 | 1,51 | 88,89 | 11,11 | 20,04 | 24,23 | 8,22 | 4,68 | 20,8 | 17,03 | 0,71 | 2,98 | 1,31 | 23,89 | 76,11 | -1,07 | 0,24 |
| 2.4.8 | 78,07 | 19,68 | 0,8 | 1,45 | 98,93 | 1,07 | 27,68 | 33,59 | 1,78 | 1,21 | 13,44 | 14,82 | 1,27 | 5,18 | 1,02 | 23,89 | 76,11 | -0,13 | 0,35 |
| 2.4.9 | 77,23 | 20,93 | 0,76 | 1,09 | 97,29 | 2,71 | 24,52 | 35,13 | 1,82 | 1,66 | 14,03 | 15,77 | 1,42 | 4,28 | 1,37 | 23,71 | 76,29 | -0,10 | 0,61 |
| 2.2.10 | 76,29 | 21,47 | 0,61 | 1,63 | 98,93 | 1,07 | 30,01 | 32,74 | 1,82 | 0,61 | 13,61 | 14,44 | 1,37 | 4,06 | 1,34 | 23,73 | 76,27 | -0,12 | 0,16 |
| 2.4.11 | 80,56 | 17,67 | 0,51 | 1,26 | 99,35 | 0,65 | 20,72 | 38,46 | 0,86 | 1,11 | 15,33 | 16,31 | 0,91 | 4,69 | 1,62 | 25,01 | 74,99 | -0,02 | 1,07 |
| 2.4.12 | 82,53 | 15,45 | 0,70 | 1,32 | 97,46 | 2,54 | 20,68 | 35,03 | 0,90 | 1,02 | 16,24 | 18,20 | 1,41 | 5,03 | 1,49 | 22,88 | 77,12 | -0,44 | 0,86 |
| | 68,28 | 22,17 | 0,79 | 8,77 | 93,77 | 6,23 | 33,52 | 24,89 | 8,15 | 3,48 | 11,85 | 12,72 | 1,02 | 3,30 | 1,06 | 32,97 | 67,03 | ← Promedio | |
| | 16,09 | 8,53 | 0,60 | 16,91 | 4,90 | 4,90 | 14,41 | 10,17 | 8,10 | 2,37 | 7,47 | 5,35 | 0,45 | 1,32 | 0,57 | 11,12 | 11,12 | ← Desvest | |

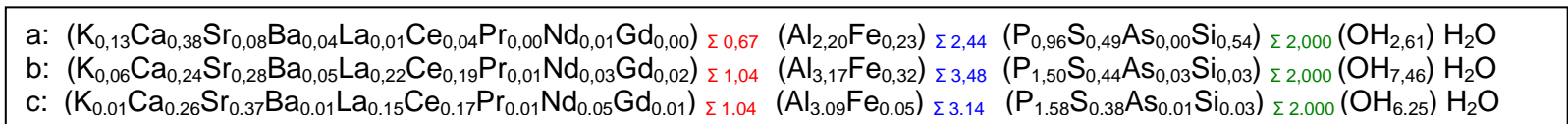
Gráficos circulares donde se representa para el conjunto de las partículas seleccionadas de G-02 (afloramiento JE-007-VOR) el porcentaje del % mol (valor promedio) de cada uno los elementos que conforman los sitios X, B y A de la fórmula general.



Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula (nº átomos por formula unitaria en base a X=2)

| Partícula | Punto | F | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|-------|
| a | 2.4.1 | | 1,52 | 0,45 | 0,01 | 0,02 | 2,85 | 0,15 | 0,12 | 0,50 | 0,15 | 0,05 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,87 | 3,00 | 2,00 | 5,24 |
| | 2.4.2 | | 0,65 | 0,30 | 0,00 | 1,04 | 1,66 | 0,21 | 0,09 | 0,29 | 0,07 | 0,04 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,52 | 1,87 | 2,00 | -0,04 |
| | 2.4.3 | | 1,00 | 0,97 | 0,00 | 0,02 | 3,05 | 0,22 | 0,24 | 0,52 | 0,07 | 0,06 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,88 | 3,27 | 2,00 | 6,49 |
| | 2.4.4 | | 0,84 | 0,35 | 0,00 | 0,80 | 1,65 | 0,33 | 0,11 | 0,28 | 0,06 | 0,03 | 0,01 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,50 | 1,98 | 2,00 | 0,52 |
| b | 2.4.5 | | 1,50 | 0,46 | 0,03 | 0,02 | 3,16 | 0,19 | 0,05 | 0,21 | 0,26 | 0,07 | 0,22 | 0,19 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,00 | 3,36 | 2,00 | 7,04 |
| | 2.4.6 | | 1,56 | 0,37 | 0,04 | 0,03 | 3,13 | 0,36 | 0,03 | 0,27 | 0,30 | 0,02 | 0,23 | 0,19 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 1,10 | 3,48 | 2,00 | 7,48 |
| | 2.4.7 | | 1,43 | 0,51 | 0,03 | 0,03 | 3,21 | 0,40 | 0,09 | 0,22 | 0,26 | 0,05 | 0,23 | 0,19 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,04 | 3,61 | 2,00 | 7,85 |
| c | 2.4.8 | | 1,56 | 0,39 | 0,02 | 0,03 | 2,98 | 0,03 | 0,02 | 0,28 | 0,35 | 0,01 | 0,14 | 0,15 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 1,02 | 3,01 | 2,00 | 5,81 |
| | 2.4.9 | | 1,54 | 0,42 | 0,02 | 0,02 | 3,15 | 0,09 | 0,02 | 0,26 | 0,37 | 0,02 | 0,15 | 0,17 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 1,04 | 3,24 | 2,00 | 6,59 |
| | 2.4.10 | | 1,53 | 0,43 | 0,01 | 0,03 | 3,07 | 0,03 | 0,02 | 0,30 | 0,33 | 0,01 | 0,14 | 0,15 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,01 | 3,10 | 2,00 | 6,07 |
| | 2.4.11 | | 1,61 | 0,35 | 0,01 | 0,03 | 3,20 | 0,02 | 0,01 | 0,23 | 0,42 | 0,01 | 0,17 | 0,18 | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 1,08 | 3,22 | 2,00 | 6,60 |
| | 2.4.12 | | 1,65 | 0,31 | 0,01 | 0,03 | 3,04 | 0,08 | 0,01 | 0,22 | 0,37 | 0,01 | 0,17 | 0,19 | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 1,04 | 3,12 | 2,00 | 6,17 |
| a | Promedio | | 0,96 | 0,49 | 0,00 | 0,54 | 2,20 | 0,23 | 0,13 | 0,38 | 0,08 | 0,04 | 0,01 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,67 | 2,44 | 2,00 | 2,61 |
| b | | | 1,50 | 0,44 | 0,03 | 0,03 | 3,17 | 0,32 | 0,06 | 0,24 | 0,28 | 0,05 | 0,22 | 0,19 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 1,04 | 3,48 | 2,00 | 7,46 |
| c | | | 1,58 | 0,38 | 0,01 | 0,03 | 3,09 | 0,05 | 0,01 | 0,26 | 0,37 | 0,01 | 0,15 | 0,17 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 1,04 | 3,14 | 2,00 | 6,25 |

Fórmulas estructurales que se deducen de los valores promedio de cada partícula



Gráficos de dispersión donde se comparan los valores obtenidos de % mol REE/A con los de (% mol P/X, %mol S/X, %mol As/X), (% mol Sr/A, % mol Ca/A, % mol K/A,% mol Ba) y % mol (A-REE)/A. Se han elaborado para observar el posible grados de sustitución y su línea de tendencia.(Figs.31 a 38).

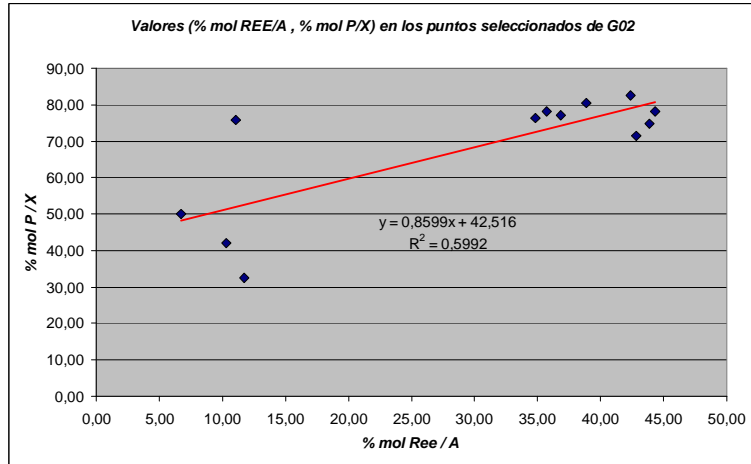


Fig. 31: Tendencia lineal mayoritaria: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol P/X)

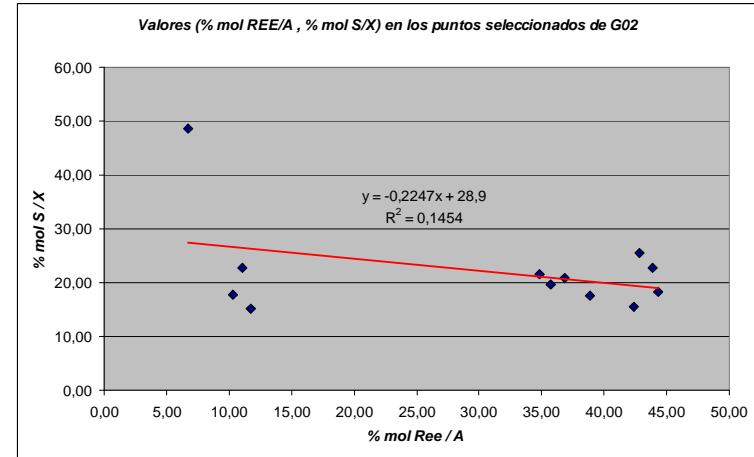


Fig. 32: Tendencia lineal mayoritaria: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol S/X)

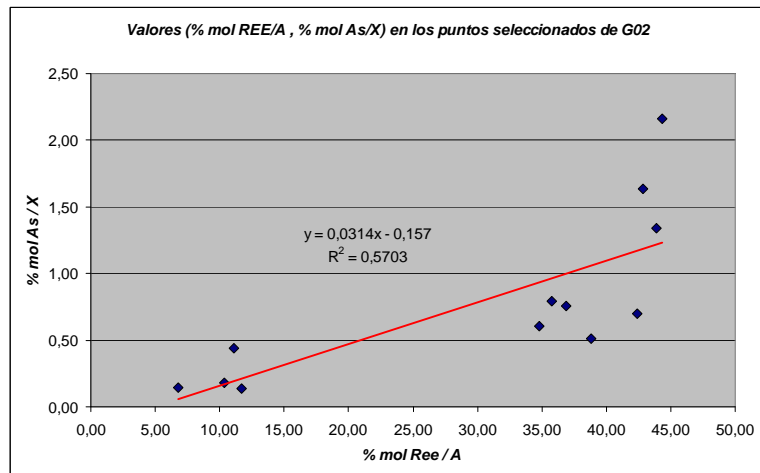


Fig. 33: Tendencia lineal mayoritaria: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol As/X)

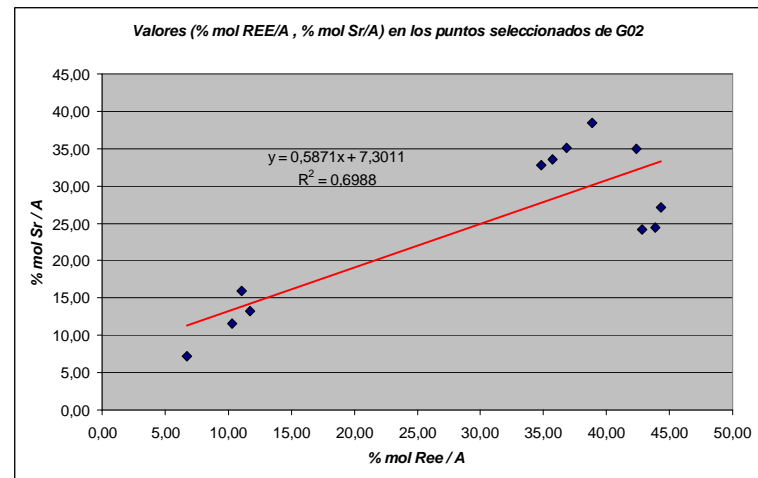


Fig. 34: Puntos con tendencia lineal: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Sr/A)

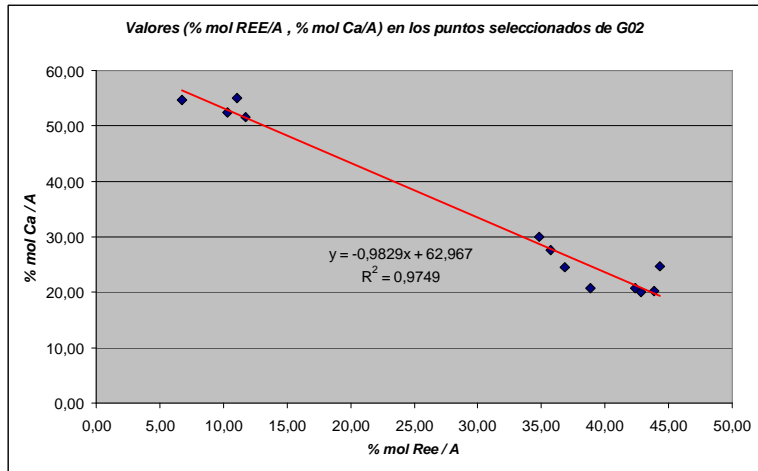


Fig. 35: Puntos con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Ca/A)

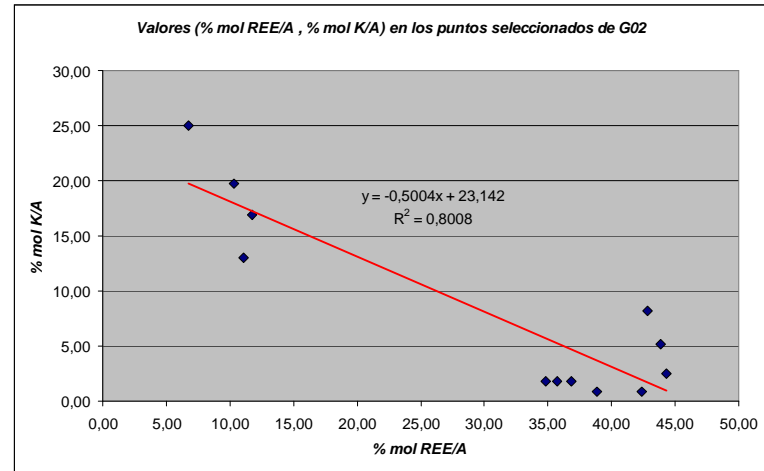


Fig. 36: Tendencia lineal mayoritaria: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol K/A)

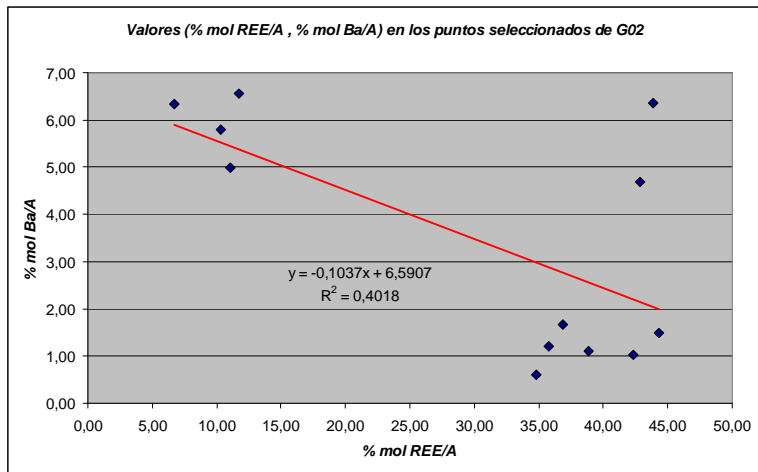


Fig. 37 Tendencia lineal mayoritaria: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Ba/A)

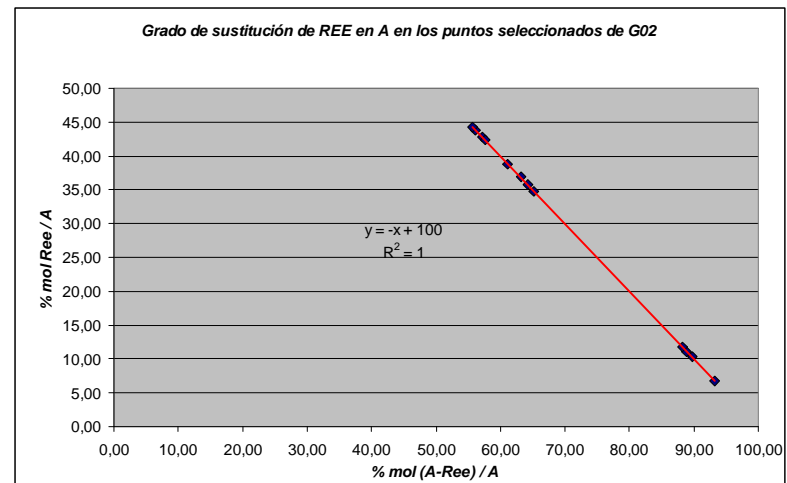
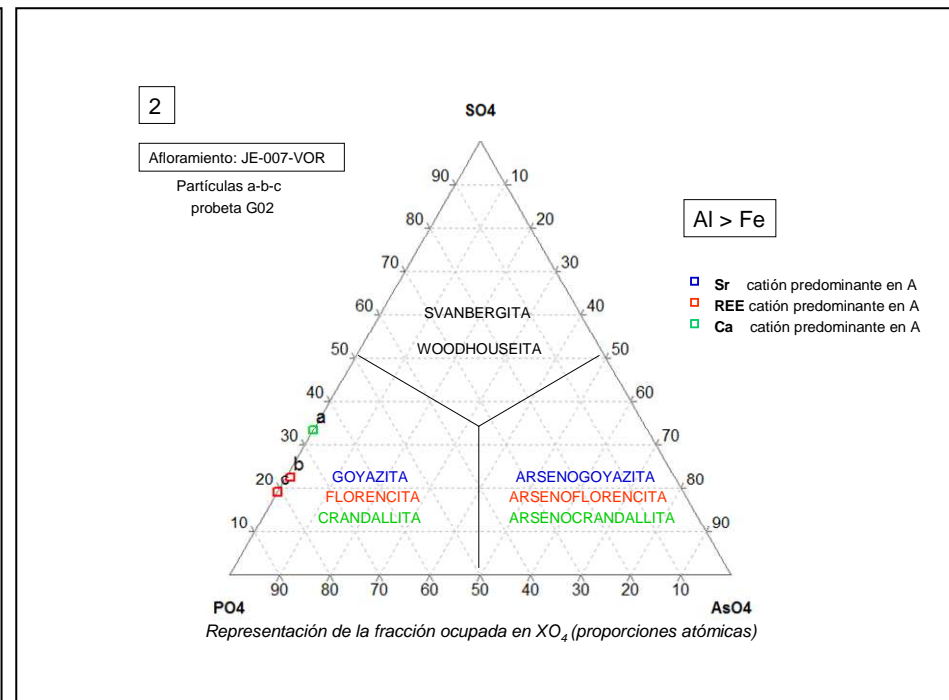
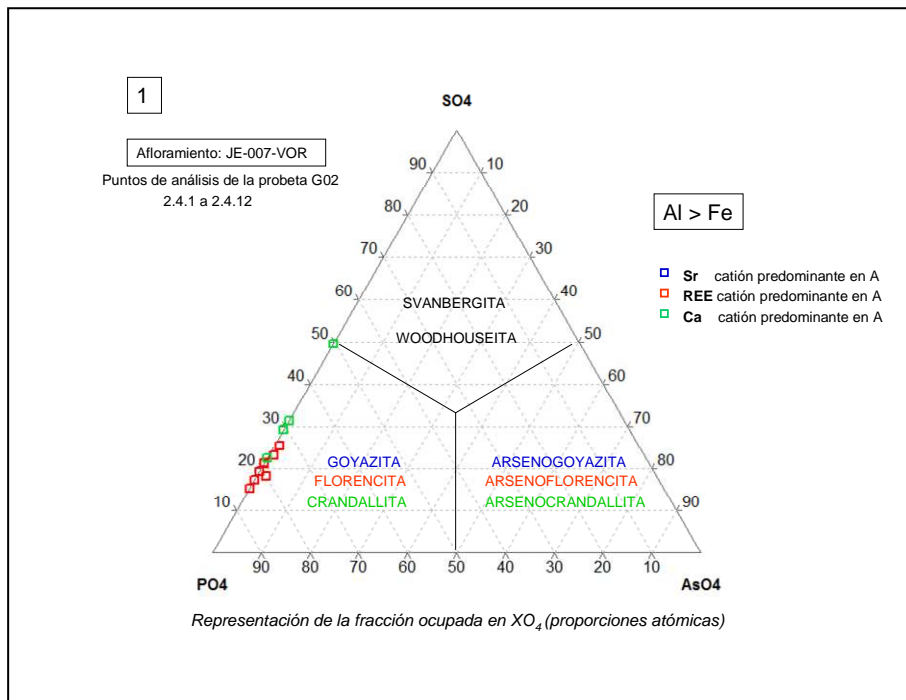


Fig.38 - Distribución puntos (%mol (A-REE)/A, %mol REE/A) perfectamente alineados

Clasificación mineralógica para cada punto y a nivel de partícula de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999)

| Punto | 2.4.1 | 2.4.2 | 2.4.3 | 2.4.4 | 2.4.5 | 2.4.6 | 2.4.7 | 2.4.8 | 2.4.9 | 2.4.10 | 2.4.11 | 2.4.12 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| % SO ₄ | 22,95 | 31,68 | 49,24 | 29,60 | 23,01 | 18,55 | 25,90 | 19,97 | 21,16 | 21,83 | 17,89 | 15,66 |
| % PO ₄ | 76,61 | 68,03 | 50,61 | 70,10 | 75,64 | 79,26 | 72,44 | 79,22 | 78,08 | 77,55 | 81,59 | 83,64 |
| % AsO ₄ | 0,44 | 0,28 | 0,15 | 0,30 | 1,35 | 2,19 | 1,66 | 0,81 | 0,77 | 0,62 | 0,52 | 0,71 |
| Predominio | Ca | Ca | Ca | Ca | REE | REE | REE | REE | REE | REE | REE | REE |

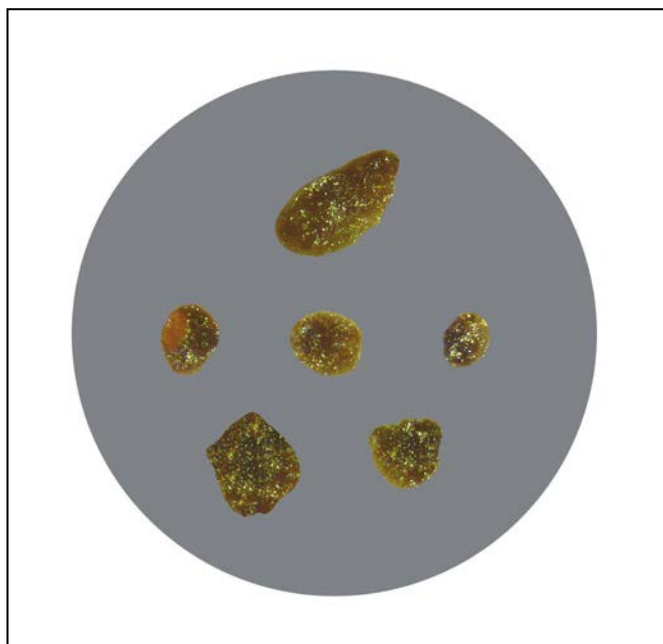
| | Partículas | a | b | c |
|--------------------|------------|-------|-------|-------|
| % SO ₄ | | 33,37 | 22,49 | 19,30 |
| % PO ₄ | Promedios | 66,34 | 75,78 | 80,01 |
| % AsO ₄ | | 0,29 | 1,73 | 0,68 |
| Predominio | | Ca | REE | REE |



1 - Los puntos de análisis (2.4.1 a 2.4.4) con predominio de calcio en A corresponden a *crandallita*. Los puntos (2.4.5 a 2.4.7) con predominio de REE en A y mayor proporción de lantano corresponden a *florencita* (La). Los puntos (2.4.8 a 2.4.12) corresponden a *florencita* (Ce).

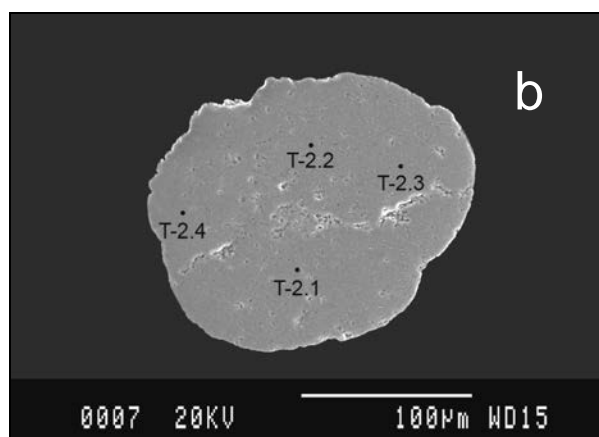
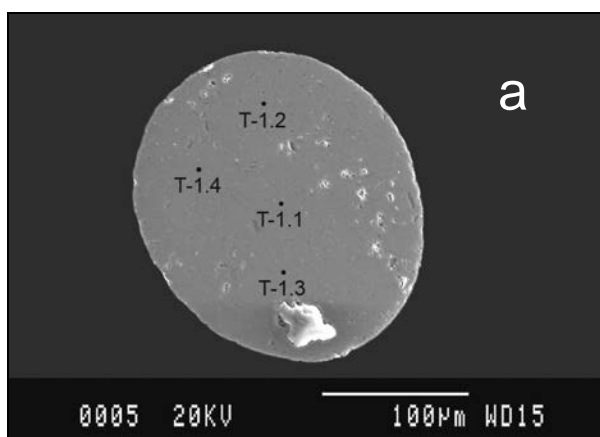
2 - A nivel de partícula, (a) corresponde a *crandallita*, (b) a *florencita* (La) y (c) a *florencita* (Ce).

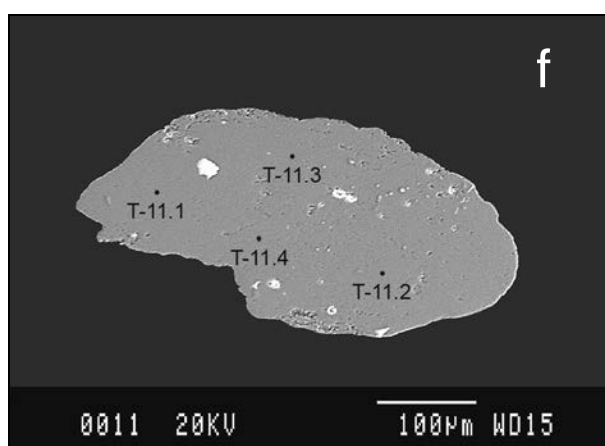
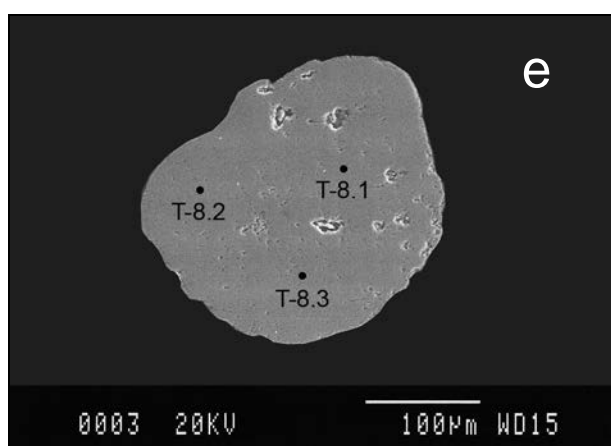
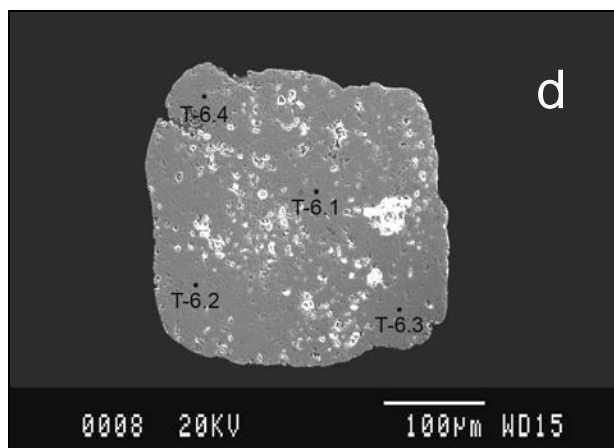
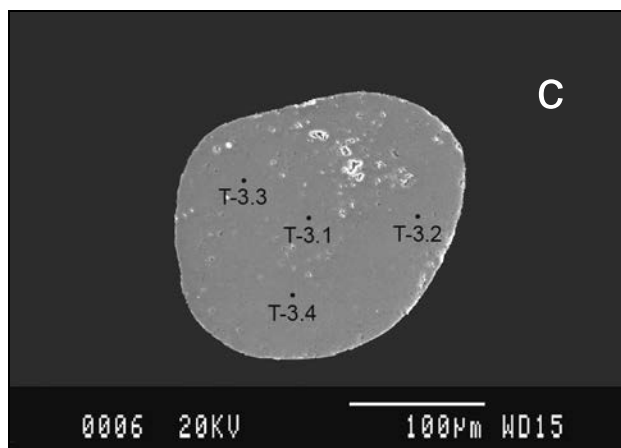
Probeta T (afloramiento JE-004-GA)



*Partículas seleccionadas de la probeta T
 Afloramiento JE-004-GA.
 Sílices Mestre - Nivel 4
 Mioceno*

| Probeta T- (004-GA) | | | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Afloramiento | nº part | Puntos de análisis en cada partícula | | | | | |
| | | a | b | c | d | e | f |
| JE-004-GA St. P. Ribes Mioceno | 6 (a,b,c,d,e,f) | T-1.1 | T-2.1 | T-3.1 | T-6.1 | T-8.1 | T-11.1 |
| | | T-1.2 | T-2.2 | T-3.2 | T-6.2 | T-8.2 | T-11.2 |
| | | T-1.3 | T-2.3 | T-3.3 | T-6.3 | T-8.3 | T-11.3 |
| | | T-1.4 | T-2.4 | T-3.4 | T-6.4 | | T-11.4 |





Afloramiento: **JE-004-GA** (Mioceno): UTMX: 395732E, UTMY: 4568302N
St.Pere de Ribes (Sílices Mestre-Nivel 4)
Muestras: Probeta T: 6 partículas (a-b-c-d-e-f) - Puntos de análisis seleccionados: 23
Método de análisis: **EMPA**
Elementos analizados: **F, Al, Si, P, S, K, Ca, Fe, As, Sr, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Gd.**

Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula expresada en A%

Tabla en la página siguiente con los valores de A%

Los minerales pesados del Mioceno de la fosa neógena del Vallès-Penedès
Caracterización, evaluación e hipótesis de procedencia

| Partícula | Puntos | O A% | F A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | K A% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | Ba A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | Gd A% | Totales |
|-----------|----------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| a | T-1.1 | 64,08 | 0,00 | 16,58 | 0,27 | 7,99 | 2,80 | 0,17 | 0,91 | 2,85 | 0,07 | 3,07 | 0,07 | 0,25 | 0,57 | 0,09 | 0,21 | 0,05 | 100,0 |
| | T-1.2 | 63,61 | 0,54 | 16,02 | 0,31 | 8,65 | 2,40 | 0,08 | 2,38 | 1,81 | 0,05 | 3,15 | 0,06 | 0,19 | 0,52 | 0,03 | 0,16 | 0,05 | 100,0 |
| | T-1.3 | 64,05 | 0,21 | 17,60 | 0,18 | 8,57 | 2,70 | 0,11 | 0,99 | 0,78 | 0,03 | 3,60 | 0,01 | 0,23 | 0,67 | 0,03 | 0,18 | 0,06 | 100,0 |
| | T-1.4 | 64,07 | 0,21 | 17,33 | 0,17 | 8,45 | 2,78 | 0,17 | 0,92 | 1,09 | 0,08 | 3,50 | 0,07 | 0,22 | 0,65 | 0,05 | 0,18 | 0,07 | 100,0 |
| b | T-2.1 | 64,17 | 0,00 | 17,32 | 0,35 | 7,99 | 2,69 | 0,09 | 0,74 | 1,48 | 0,33 | 3,22 | 0,05 | 0,33 | 0,76 | 0,09 | 0,32 | 0,07 | 100,0 |
| | T-2.2 | 64,23 | 0,05 | 17,33 | 0,36 | 8,27 | 2,57 | 0,05 | 0,72 | 1,19 | 0,36 | 3,19 | 0,05 | 0,35 | 0,77 | 0,09 | 0,36 | 0,08 | 100,0 |
| | T-2.3 | 64,20 | 0,12 | 17,84 | 0,23 | 7,53 | 2,94 | 0,14 | 0,86 | 0,94 | 0,61 | 2,92 | 0,03 | 0,33 | 0,80 | 0,09 | 0,36 | 0,08 | 100,0 |
| | T-2.4 | 64,34 | 0,07 | 17,45 | 0,22 | 7,91 | 2,92 | 0,19 | 0,83 | 0,98 | 0,60 | 2,95 | 0,02 | 0,30 | 0,74 | 0,06 | 0,37 | 0,06 | 100,0 |
| c | T-3.1 | 63,73 | 0,48 | 16,68 | 0,58 | 8,81 | 1,82 | 0,06 | 2,19 | 1,27 | 0,03 | 1,76 | 0,04 | 1,30 | 0,93 | 0,06 | 0,18 | 0,09 | 100,0 |
| | T-3.2 | 63,40 | 0,51 | 14,19 | 0,44 | 8,59 | 1,92 | 0,09 | 3,49 | 3,92 | 0,09 | 1,81 | 0,07 | 0,63 | 0,65 | 0,02 | 0,14 | 0,06 | 100,0 |
| | T-3.3 | 64,09 | 0,00 | 17,08 | 0,25 | 8,43 | 2,40 | 0,13 | 1,55 | 1,72 | 0,11 | 2,19 | 0,07 | 0,91 | 0,77 | 0,05 | 0,17 | 0,08 | 100,0 |
| | T-3.4 | 63,89 | 0,00 | 16,68 | 0,39 | 8,51 | 2,06 | 0,12 | 1,96 | 2,16 | 0,07 | 2,05 | 0,05 | 0,95 | 0,83 | 0,06 | 0,16 | 0,07 | 100,0 |
| d | T-6.1 | 63,83 | 0,75 | 17,37 | 0,43 | 9,22 | 2,10 | 0,04 | 1,33 | 0,04 | 0,01 | 3,09 | 0,03 | 0,54 | 0,85 | 0,06 | 0,25 | 0,07 | 100,0 |
| | T-6.2 | 63,57 | 0,82 | 17,40 | 0,40 | 9,14 | 1,86 | 0,07 | 2,03 | 0,11 | 0,04 | 2,62 | 0,06 | 0,58 | 0,90 | 0,09 | 0,22 | 0,07 | 100,0 |
| | T-6.3 | 63,39 | 1,34 | 15,59 | 0,93 | 9,29 | 1,98 | 0,01 | 3,05 | 0,12 | 0,06 | 2,85 | 0,04 | 0,38 | 0,61 | 0,08 | 0,21 | 0,06 | 100,0 |
| | T-6.4 | 63,66 | 0,79 | 18,16 | 0,27 | 8,99 | 1,93 | 0,15 | 1,19 | 0,06 | 0,00 | 2,64 | 0,04 | 0,72 | 0,99 | 0,08 | 0,25 | 0,08 | 100,0 |
| e | T-8.1 | 64,26 | 0,10 | 17,65 | 0,14 | 8,69 | 2,97 | 0,03 | 0,75 | 0,23 | 0,02 | 4,14 | 0,01 | 0,23 | 0,47 | 0,05 | 0,24 | 0,04 | 100,0 |
| | T-8.2 | 64,34 | 0,06 | 17,57 | 0,16 | 8,67 | 3,00 | 0,05 | 0,66 | 0,38 | 0,02 | 3,97 | 0,02 | 0,27 | 0,51 | 0,05 | 0,23 | 0,05 | 100,0 |
| | T-8.3 | 64,26 | 0,17 | 17,48 | 0,20 | 8,65 | 2,94 | 0,03 | 0,70 | 0,56 | 0,03 | 3,91 | 0,07 | 0,21 | 0,46 | 0,06 | 0,21 | 0,06 | 100,0 |
| f | T-11.1 | 64,12 | 0,10 | 17,85 | 0,37 | 8,35 | 2,77 | 0,12 | 0,72 | 0,53 | 0,02 | 3,61 | 0,07 | 0,32 | 0,70 | 0,04 | 0,27 | 0,07 | 100,0 |
| | T-11.2 | 64,21 | 0,34 | 17,51 | 0,23 | 8,62 | 3,00 | 0,12 | 0,83 | 0,12 | 0,05 | 3,71 | 0,05 | 0,34 | 0,55 | 0,05 | 0,23 | 0,04 | 100,0 |
| | T-11.3 | 64,18 | 0,23 | 17,99 | 0,20 | 8,45 | 2,94 | 0,17 | 0,74 | 0,16 | 0,02 | 3,45 | 0,07 | 0,31 | 0,70 | 0,07 | 0,28 | 0,05 | 100,0 |
| | T-11.4 | 64,17 | 0,33 | 17,93 | 0,38 | 8,36 | 2,93 | 0,17 | 0,79 | 0,14 | 0,02 | 3,39 | 0,06 | 0,32 | 0,61 | 0,04 | 0,25 | 0,07 | 100,0 |
| a | Promedio | 63,95 | 0,24 | 16,88 | 0,23 | 8,42 | 2,67 | 0,13 | 1,30 | 1,63 | 0,06 | 3,33 | 0,05 | 0,22 | 0,60 | 0,05 | 0,18 | 0,06 | 100,0 |
| b | | 64,24 | 0,06 | 17,49 | 0,29 | 7,93 | 2,78 | 0,12 | 0,79 | 1,15 | 0,47 | 3,07 | 0,04 | 0,33 | 0,77 | 0,08 | 0,35 | 0,07 | 100,0 |
| c | | 63,78 | 0,25 | 16,16 | 0,41 | 8,59 | 2,05 | 0,10 | 2,30 | 2,27 | 0,08 | 1,95 | 0,06 | 0,95 | 0,79 | 0,05 | 0,16 | 0,08 | 100,0 |
| d | | 63,61 | 0,92 | 17,13 | 0,51 | 9,16 | 1,97 | 0,07 | 1,90 | 0,08 | 0,03 | 2,80 | 0,04 | 0,56 | 0,84 | 0,08 | 0,23 | 0,07 | 100,0 |
| e | | 64,28 | 0,11 | 17,57 | 0,17 | 8,67 | 2,97 | 0,04 | 0,70 | 0,39 | 0,02 | 4,01 | 0,03 | 0,24 | 0,48 | 0,05 | 0,23 | 0,05 | 100,0 |
| f | | 64,17 | 0,25 | 17,82 | 0,30 | 8,44 | 2,91 | 0,14 | 0,77 | 0,24 | 0,03 | 3,54 | 0,06 | 0,32 | 0,64 | 0,05 | 0,26 | 0,06 | 100,0 |

Composición química obtenida a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula en porcentajes en peso de óxidos (*)

| | | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% |
|------------------|---------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| Partícula | Punto | F | O%F | Al2O3 | Si O2 | P2O5 | S O3 | K2 O | Ca O | Fe2O3 | As2O5 | Sr O | Ba O | La2O3 | Ce2O3 | Pr2O3 | Nd2O3 | Gd2O3 | H2O | Total |
| a | T-1.1 | 0,00 | 0,00 | 31,22 | 0,60 | 20,94 | 8,27 | 0,29 | 1,89 | 8,39 | 0,29 | 11,73 | 0,39 | 1,50 | 3,44 | 0,53 | 1,33 | 0,31 | 8,88 | 100,0 |
| | T-1.2 | 0,36 | -0,15 | 29,14 | 0,66 | 21,91 | 6,84 | 0,13 | 4,77 | 5,15 | 0,20 | 11,64 | 0,35 | 1,09 | 3,05 | 0,15 | 0,98 | 0,31 | 13,43 | 100,0 |
| | T-1.3 | 0,14 | -0,06 | 31,69 | 0,36 | 21,49 | 7,64 | 0,18 | 1,97 | 2,19 | 0,14 | 13,16 | 0,08 | 1,29 | 3,87 | 0,20 | 1,05 | 0,38 | 14,23 | 100,0 |
| | T-1.4 | 0,14 | -0,06 | 31,69 | 0,36 | 21,52 | 7,99 | 0,29 | 1,86 | 3,10 | 0,34 | 12,99 | 0,39 | 1,25 | 3,82 | 0,30 | 1,07 | 0,43 | 12,52 | 100,0 |
| b | T-2.1 | 0,00 | 0,00 | 31,12 | 0,75 | 19,98 | 7,59 | 0,16 | 1,46 | 4,17 | 1,32 | 11,74 | 0,25 | 1,91 | 4,39 | 0,54 | 1,91 | 0,43 | 12,28 | 100,0 |
| | T-2.2 | 0,03 | -0,01 | 31,39 | 0,77 | 20,83 | 7,29 | 0,07 | 1,43 | 3,37 | 1,47 | 11,73 | 0,26 | 2,01 | 4,50 | 0,53 | 2,16 | 0,48 | 11,70 | 100,0 |
| | T-2.3 | 0,08 | -0,03 | 31,76 | 0,47 | 18,67 | 8,22 | 0,23 | 1,68 | 2,62 | 2,44 | 10,57 | 0,18 | 1,85 | 4,56 | 0,51 | 2,11 | 0,47 | 13,61 | 100,0 |
| | T-2.4 | 0,05 | -0,02 | 31,78 | 0,47 | 20,05 | 8,34 | 0,31 | 1,67 | 2,77 | 2,45 | 10,90 | 0,12 | 1,75 | 4,37 | 0,34 | 2,19 | 0,39 | 12,06 | 100,0 |
| c | T-3.1 | 0,31 | -0,13 | 29,33 | 1,20 | 21,56 | 5,02 | 0,11 | 4,24 | 3,50 | 0,11 | 6,28 | 0,20 | 7,29 | 5,24 | 0,32 | 1,01 | 0,56 | 13,85 | 100,0 |
| | T-3.2 | 0,34 | -0,14 | 25,64 | 0,92 | 21,63 | 5,44 | 0,16 | 6,93 | 11,09 | 0,37 | 6,63 | 0,39 | 3,64 | 3,81 | 0,13 | 0,82 | 0,38 | 11,83 | 100,0 |
| | T-3.3 | 0,00 | 0,00 | 31,14 | 0,53 | 21,40 | 6,87 | 0,22 | 3,11 | 4,90 | 0,46 | 8,11 | 0,38 | 5,29 | 4,52 | 0,32 | 1,04 | 0,53 | 11,18 | 100,0 |
| | T-3.4 | 0,00 | 0,00 | 29,46 | 0,79 | 20,92 | 5,72 | 0,19 | 3,81 | 5,98 | 0,29 | 7,36 | 0,27 | 5,37 | 4,72 | 0,33 | 0,96 | 0,44 | 13,41 | 100,0 |
| d | T-6.1 | 0,50 | -0,21 | 31,54 | 0,92 | 23,30 | 5,97 | 0,07 | 2,64 | 0,11 | 0,06 | 11,40 | 0,15 | 3,12 | 4,98 | 0,33 | 1,48 | 0,47 | 13,17 | 100,0 |
| | T-6.2 | 0,56 | -0,24 | 31,56 | 0,86 | 23,07 | 5,32 | 0,12 | 4,04 | 0,33 | 0,17 | 9,66 | 0,31 | 3,38 | 5,25 | 0,51 | 1,31 | 0,48 | 13,30 | 100,0 |
| | T-6.3 | 0,94 | -0,40 | 29,36 | 2,08 | 24,36 | 5,87 | 0,02 | 6,32 | 0,36 | 0,25 | 10,90 | 0,22 | 2,30 | 3,71 | 0,48 | 1,31 | 0,41 | 11,50 | 100,0 |
| | T-6.4 | 0,53 | -0,22 | 32,56 | 0,58 | 22,43 | 5,42 | 0,24 | 2,35 | 0,17 | 0,00 | 9,60 | 0,22 | 4,13 | 5,70 | 0,48 | 1,49 | 0,51 | 13,81 | 100,0 |
| e | T-8.1 | 0,07 | -0,03 | 32,05 | 0,30 | 21,95 | 8,46 | 0,06 | 1,50 | 0,66 | 0,08 | 15,27 | 0,03 | 1,31 | 2,76 | 0,27 | 1,45 | 0,24 | 13,57 | 100,0 |
| | T-8.2 | 0,04 | -0,02 | 32,33 | 0,34 | 22,20 | 8,66 | 0,08 | 1,33 | 1,10 | 0,08 | 14,84 | 0,11 | 1,56 | 3,02 | 0,32 | 1,36 | 0,32 | 12,31 | 100,0 |
| | T-8.3 | 0,12 | -0,05 | 32,61 | 0,45 | 22,46 | 8,61 | 0,05 | 1,43 | 1,63 | 0,12 | 14,83 | 0,37 | 1,28 | 2,79 | 0,33 | 1,32 | 0,38 | 11,28 | 100,0 |
| f | T-11.1 | 0,07 | -0,03 | 32,82 | 0,79 | 21,38 | 7,99 | 0,20 | 1,44 | 1,52 | 0,09 | 13,48 | 0,39 | 1,88 | 4,15 | 0,22 | 1,61 | 0,44 | 11,56 | 100,0 |
| | T-11.2 | 0,23 | -0,10 | 32,12 | 0,49 | 22,02 | 8,66 | 0,20 | 1,67 | 0,36 | 0,20 | 13,84 | 0,29 | 1,99 | 3,24 | 0,32 | 1,36 | 0,24 | 12,85 | 100,0 |
| | T-11.3 | 0,16 | -0,07 | 33,22 | 0,43 | 21,70 | 8,51 | 0,28 | 1,51 | 0,47 | 0,06 | 12,93 | 0,39 | 1,82 | 4,16 | 0,41 | 1,71 | 0,35 | 11,96 | 100,0 |
| | T-11.4 | 0,22 | -0,09 | 32,92 | 0,83 | 21,36 | 8,59 | 0,28 | 1,58 | 0,40 | 0,08 | 12,64 | 0,31 | 1,90 | 3,62 | 0,23 | 1,53 | 0,43 | 13,18 | 100,0 |
| a | Prom | 0,16 | -0,07 | 30,93 | 0,50 | 21,46 | 7,68 | 0,22 | 2,62 | 4,71 | 0,24 | 12,38 | 0,30 | 1,28 | 3,54 | 0,30 | 1,11 | 0,36 | 12,26 | 100,00 |
| b | | 0,04 | -0,02 | 31,51 | 0,62 | 19,88 | 7,86 | 0,19 | 1,56 | 3,23 | 1,92 | 11,24 | 0,20 | 1,88 | 4,45 | 0,48 | 2,09 | 0,44 | 12,41 | 100,00 |
| c | | 0,16 | -0,07 | 28,89 | 0,86 | 21,38 | 5,76 | 0,17 | 4,52 | 6,37 | 0,31 | 7,10 | 0,31 | 5,40 | 4,57 | 0,27 | 0,96 | 0,48 | 12,57 | 100,00 |
| d | | 0,63 | -0,27 | 31,25 | 1,11 | 23,29 | 5,64 | 0,11 | 3,84 | 0,24 | 0,12 | 10,39 | 0,23 | 3,23 | 4,91 | 0,45 | 1,40 | 0,47 | 12,94 | 100,00 |
| e | | 0,08 | -0,03 | 32,33 | 0,36 | 22,20 | 8,58 | 0,06 | 1,42 | 1,13 | 0,09 | 14,98 | 0,17 | 1,38 | 2,86 | 0,30 | 1,38 | 0,32 | 12,38 | 100,00 |
| f | | 0,17 | -0,07 | 32,77 | 0,64 | 21,61 | 8,44 | 0,24 | 1,55 | 0,69 | 0,11 | 13,22 | 0,35 | 1,90 | 3,79 | 0,30 | 1,55 | 0,36 | 12,39 | 100,00 |

Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula (nº átomos por formula unitaria en base a X=2)

| Partícula | Punto | F | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|
| a | T-1.1 | 0,00 | 1,44 | 0,50 | 0,01 | 0,05 | 2,98 | 0,51 | 0,03 | 0,16 | 0,55 | 0,01 | 0,04 | 0,10 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,97 | 3,49 | 2,00 | 7,05 |
| | T-1.2 | 0,09 | 1,52 | 0,42 | 0,01 | 0,05 | 2,81 | 0,32 | 0,01 | 0,42 | 0,55 | 0,01 | 0,03 | 0,09 | 0,00 | 0,03 | 0,01 | 1,25 | 3,13 | 2,00 | 6,13 |
| | T-1.3 | 0,04 | 1,49 | 0,47 | 0,01 | 0,03 | 3,07 | 0,14 | 0,02 | 0,17 | 0,63 | 0,00 | 0,04 | 0,12 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,06 | 3,20 | 2,00 | 6,23 |
| | T-1.4 | 0,04 | 1,47 | 0,48 | 0,01 | 0,03 | 3,02 | 0,19 | 0,03 | 0,16 | 0,61 | 0,01 | 0,04 | 0,11 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,05 | 3,21 | 2,00 | 6,23 |
| b | T-2.1 | 0,00 | 1,41 | 0,47 | 0,06 | 0,06 | 3,05 | 0,26 | 0,02 | 0,13 | 0,57 | 0,01 | 0,06 | 0,13 | 0,02 | 0,06 | 0,01 | 1,00 | 3,31 | 2,00 | 6,60 |
| | T-2.2 | 0,01 | 1,43 | 0,44 | 0,06 | 0,06 | 3,00 | 0,21 | 0,01 | 0,12 | 0,55 | 0,01 | 0,06 | 0,13 | 0,02 | 0,06 | 0,01 | 0,99 | 3,21 | 2,00 | 6,23 |
| | T-2.3 | 0,02 | 1,33 | 0,52 | 0,11 | 0,04 | 3,16 | 0,17 | 0,02 | 0,15 | 0,52 | 0,01 | 0,06 | 0,14 | 0,02 | 0,06 | 0,01 | 1,01 | 3,32 | 2,00 | 6,67 |
| | T-2.4 | 0,01 | 1,36 | 0,50 | 0,10 | 0,04 | 2,99 | 0,17 | 0,03 | 0,14 | 0,51 | 0,00 | 0,05 | 0,13 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,96 | 3,16 | 2,00 | 6,06 |
| c | T-3.1 | 0,09 | 1,57 | 0,32 | 0,01 | 0,10 | 2,97 | 0,23 | 0,01 | 0,39 | 0,31 | 0,01 | 0,23 | 0,16 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 1,26 | 3,20 | 2,00 | 6,51 |
| | T-3.2 | 0,09 | 1,56 | 0,35 | 0,02 | 0,08 | 2,57 | 0,71 | 0,02 | 0,63 | 0,33 | 0,01 | 0,11 | 0,12 | 0,00 | 0,02 | 0,01 | 1,35 | 3,28 | 2,00 | 6,80 |
| | T-3.3 | 0,00 | 1,51 | 0,43 | 0,02 | 0,04 | 3,05 | 0,31 | 0,02 | 0,28 | 0,39 | 0,01 | 0,16 | 0,14 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,06 | 3,36 | 2,00 | 6,92 |
| | T-3.4 | 0,00 | 1,54 | 0,37 | 0,01 | 0,07 | 3,02 | 0,39 | 0,02 | 0,36 | 0,37 | 0,01 | 0,17 | 0,15 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,13 | 3,42 | 2,00 | 7,17 |
| d | T-6.1 | 0,13 | 1,57 | 0,36 | 0,00 | 0,07 | 2,95 | 0,01 | 0,01 | 0,23 | 0,53 | 0,00 | 0,09 | 0,14 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,06 | 2,96 | 2,00 | 5,46 |
| | T-6.2 | 0,14 | 1,60 | 0,33 | 0,01 | 0,07 | 3,04 | 0,02 | 0,01 | 0,35 | 0,46 | 0,01 | 0,10 | 0,16 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 1,30 | 3,06 | 2,00 | 5,93 |
| | T-6.3 | 0,22 | 1,51 | 0,32 | 0,01 | 0,15 | 2,54 | 0,02 | 0,00 | 0,50 | 0,46 | 0,01 | 0,06 | 0,10 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,41 | 2,56 | 2,00 | 4,24 |
| | T-6.4 | 0,14 | 1,61 | 0,34 | 0,00 | 0,05 | 3,25 | 0,01 | 0,03 | 0,21 | 0,47 | 0,01 | 0,13 | 0,18 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 1,24 | 3,26 | 2,00 | 6,47 |
| e | T-8.1 | 0,02 | 1,47 | 0,50 | 0,00 | 0,02 | 2,99 | 0,04 | 0,01 | 0,13 | 0,70 | 0,00 | 0,04 | 0,08 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,02 | 3,03 | 2,00 | 5,72 |
| | T-8.2 | 0,01 | 1,46 | 0,51 | 0,00 | 0,03 | 2,97 | 0,06 | 0,01 | 0,11 | 0,67 | 0,00 | 0,04 | 0,09 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,99 | 3,03 | 2,00 | 5,69 |
| | T-8.3 | 0,03 | 1,46 | 0,50 | 0,01 | 0,03 | 2,96 | 0,09 | 0,01 | 0,12 | 0,66 | 0,01 | 0,04 | 0,08 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,00 | 3,05 | 2,00 | 5,69 |

Continuación en la página siguiente

Continuación de la tabla de la página anterior

| Partícula | Punto | F | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|
| f | T-11.1 | 0,02 | 1,45 | 0,48 | 0,00 | 0,06 | 3,10 | 0,09 | 0,02 | 0,12 | 0,63 | 0,01 | 0,06 | 0,12 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 1,04 | 3,19 | 2,00 | 6,26 |
| | T-11.2 | 0,06 | 1,45 | 0,50 | 0,01 | 0,04 | 2,94 | 0,02 | 0,02 | 0,14 | 0,62 | 0,01 | 0,06 | 0,09 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,05 | 2,96 | 2,00 | 5,47 |
| | T-11.3 | 0,04 | 1,46 | 0,51 | 0,00 | 0,03 | 3,10 | 0,03 | 0,03 | 0,13 | 0,59 | 0,01 | 0,05 | 0,12 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 1,05 | 3,13 | 2,00 | 6,05 |
| | T-11.4 | 0,06 | 1,43 | 0,50 | 0,00 | 0,07 | 3,07 | 0,02 | 0,03 | 0,13 | 0,58 | 0,01 | 0,06 | 0,10 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,03 | 3,09 | 2,00 | 5,79 |
| a | Prom | 0,04 | 1,48 | 0,47 | 0,01 | 0,04 | 2,97 | 0,29 | 0,02 | 0,23 | 0,58 | 0,01 | 0,04 | 0,11 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,08 | 3,26 | 2,00 | 6,41 |
| b | | 0,01 | 1,38 | 0,48 | 0,08 | 0,05 | 3,05 | 0,20 | 0,02 | 0,14 | 0,54 | 0,01 | 0,06 | 0,13 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,99 | 3,25 | 2,00 | 6,39 |
| c | | 0,04 | 1,54 | 0,37 | 0,01 | 0,07 | 2,90 | 0,41 | 0,02 | 0,41 | 0,35 | 0,01 | 0,17 | 0,14 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 1,20 | 3,31 | 2,00 | 6,85 |
| d | | 0,16 | 1,57 | 0,34 | 0,00 | 0,09 | 2,95 | 0,01 | 0,01 | 0,32 | 0,48 | 0,01 | 0,10 | 0,14 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,25 | 2,96 | 2,00 | 5,52 |
| e | | 0,02 | 1,47 | 0,50 | 0,00 | 0,03 | 2,97 | 0,07 | 0,01 | 0,12 | 0,68 | 0,01 | 0,04 | 0,08 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,00 | 3,04 | 2,00 | 5,70 |
| f | | 0,04 | 1,45 | 0,50 | 0,00 | 0,05 | 3,05 | 0,04 | 0,02 | 0,13 | 0,61 | 0,01 | 0,06 | 0,11 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 1,04 | 3,09 | 2,00 | 5,89 |

Fórmulas estructurales que se deducen de los valores promedio de cada partícula

| | | | | |
|----|--|------------------------------------|---|----------------------------|
| a: | $(K_{0,02}Ca_{0,23}Sr_{0,58}Ba_{0,01}La_{0,04}Ce_{0,11}Pr_{0,01}Nd_{0,03}Gd_{0,01}) \Sigma 1,08$ | $(Al_{2,97}Fe_{0,29}) \Sigma 3,26$ | $(P_{1,48}S_{0,47}As_{0,01}Si_{0,04}) \Sigma 2,000$ | $(F_{0,04}OH_{6,41}) H_2O$ |
| b: | $(K_{0,02}Ca_{0,14}Sr_{0,54}Ba_{0,01}La_{0,06}Ce_{0,13}Pr_{0,01}Nd_{0,06}Gd_{0,01}) \Sigma 0,99$ | $(Al_{3,05}Fe_{0,20}) \Sigma 3,25$ | $(P_{1,38}S_{0,48}As_{0,08}Si_{0,05}) \Sigma 2,000$ | $(F_{0,01}OH_{6,39}) H_2O$ |
| c: | $(K_{0,02}Ca_{0,41}Sr_{0,35}Ba_{0,01}La_{0,17}Ce_{0,14}Pr_{0,01}Nd_{0,03}Gd_{0,01}) \Sigma 1,20$ | $(Al_{2,90}Fe_{0,41}) \Sigma 3,31$ | $(P_{1,54}S_{0,37}As_{0,01}Si_{0,07}) \Sigma 2,000$ | $(F_{0,04}OH_{6,85}) H_2O$ |
| d: | $(K_{0,01}Ca_{0,32}Sr_{0,48}Ba_{0,01}La_{0,10}Ce_{0,14}Pr_{0,01}Nd_{0,04}Gd_{0,01}) \Sigma 1,25$ | $(Al_{2,95}Fe_{0,01}) \Sigma 2,96$ | $(P_{1,57}S_{0,34}As_{0,00}Si_{0,09}) \Sigma 2,000$ | $(F_{0,16}OH_{5,52}) H_2O$ |
| e: | $(K_{0,01}Ca_{0,12}Sr_{0,68}Ba_{0,01}La_{0,04}Ce_{0,08}Pr_{0,01}Nd_{0,04}Gd_{0,01}) \Sigma 1,00$ | $(Al_{2,97}Fe_{0,07}) \Sigma 3,04$ | $(P_{1,47}S_{0,50}As_{0,00}Si_{0,03}) \Sigma 2,000$ | $(F_{0,02}OH_{5,70}) H_2O$ |
| f: | $(K_{0,02}Ca_{0,13}Sr_{0,61}Ba_{0,01}La_{0,06}Ce_{0,11}Pr_{0,01}Nd_{0,04}Gd_{0,01}) \Sigma 1,04$ | $(Al_{3,05}Fe_{0,04}) \Sigma 3,09$ | $(P_{1,45}S_{0,50}As_{0,00}Si_{0,05}) \Sigma 2,000$ | $(F_{0,04}OH_{5,89}) H_2O$ |

Cálculo del % mol que ocupa cada elemento en su fracción de la fórmula

Elemento predominante en A

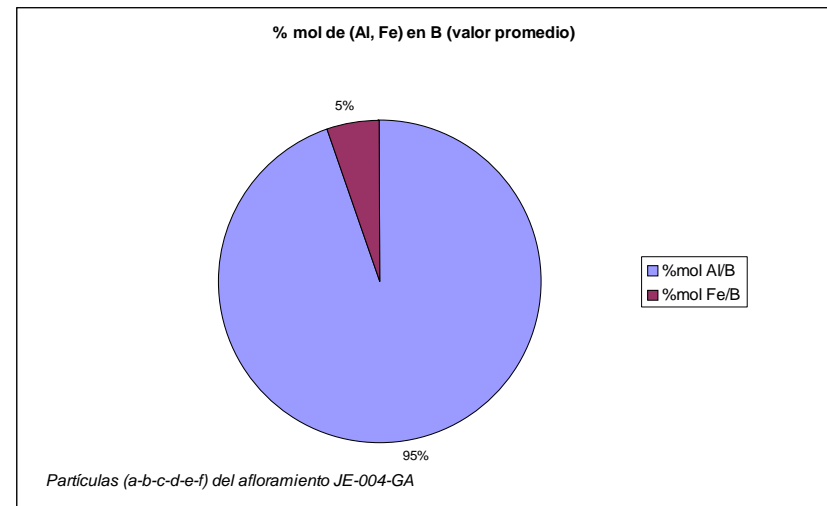
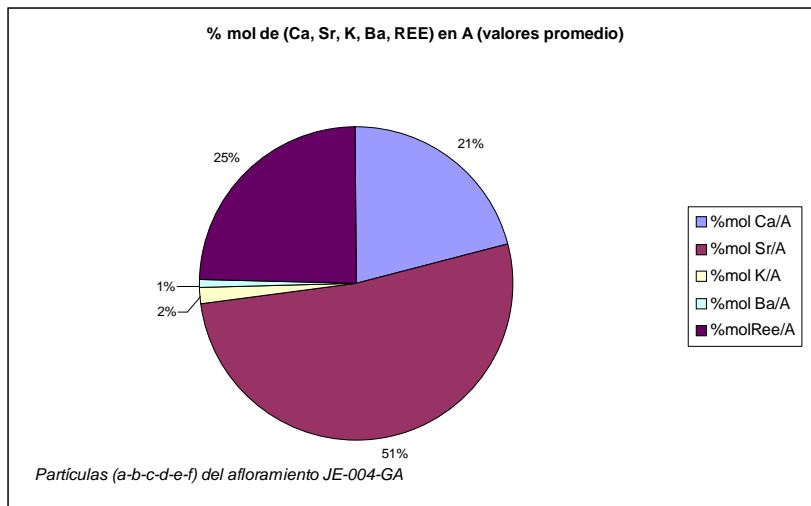
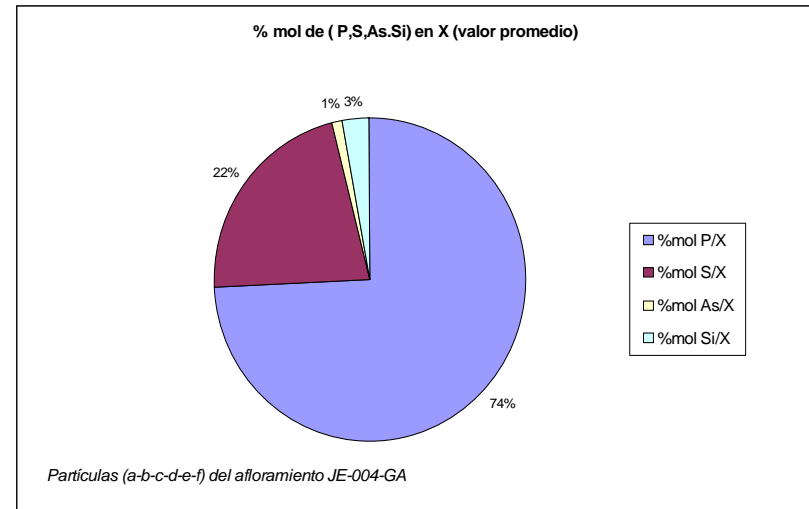
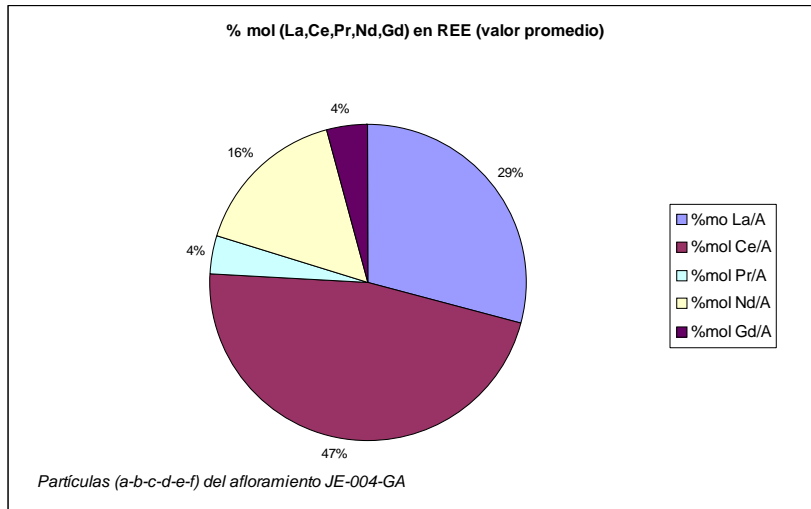
Sr

REE

Ca

| Puntos | % mol | | | | | | | | | | | | | | | | A% | | |
|--------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|---------|
| | P/X | S/T | As/T | Si/T | Al/B | Fe/B | Ca/A | Sr/A | K/A | Ba/A | La/A | Ce/A | Pr/A | Nd/A | Gd/A | REE/A | (A-REE)/A | (Sr-REE) | (Sr-Ca) |
| T-1.1 | 71,85 | 25,14 | 0,60 | 2,40 | 85,35 | 14,65 | 16,95 | 57,02 | 3,08 | 1,30 | 4,65 | 10,56 | 1,60 | 3,98 | 0,87 | 21,65 | 78,35 | 1,90 | 2,156 |
| T-1.2 | 75,87 | 21,00 | 0,44 | 2,69 | 89,86 | 10,14 | 36,02 | 47,56 | 1,18 | 0,94 | 2,84 | 7,87 | 0,39 | 2,48 | 0,73 | 14,31 | 85,69 | 2,20 | 0,764 |
| T-1.3 | 74,65 | 23,52 | 0,30 | 1,53 | 95,78 | 4,22 | 16,92 | 61,24 | 1,82 | 0,24 | 3,83 | 11,34 | 0,58 | 3,01 | 1,02 | 19,78 | 80,22 | 2,44 | 2,603 |
| T-1.4 | 73,58 | 24,23 | 0,71 | 1,49 | 94,11 | 5,89 | 15,87 | 60,03 | 2,99 | 1,22 | 3,69 | 11,15 | 0,89 | 3,04 | 1,12 | 19,89 | 80,11 | 2,34 | 2,571 |
| T-2.1 | 70,34 | 23,67 | 2,88 | 3,12 | 92,12 | 7,88 | 13,03 | 56,76 | 1,61 | 0,79 | 5,89 | 13,41 | 1,62 | 5,70 | 1,18 | 27,82 | 72,18 | 1,64 | 2,478 |
| T-2.2 | 71,56 | 22,22 | 3,12 | 3,11 | 93,57 | 6,43 | 12,71 | 56,48 | 0,82 | 0,85 | 6,15 | 13,68 | 1,58 | 6,40 | 1,35 | 29,15 | 70,85 | 1,54 | 2,470 |
| T-2.3 | 66,63 | 25,99 | 5,39 | 2,00 | 95,02 | 4,98 | 15,35 | 52,19 | 2,50 | 0,57 | 5,82 | 14,20 | 1,61 | 6,41 | 1,34 | 29,39 | 70,61 | 1,28 | 2,062 |
| T-2.4 | 67,90 | 25,03 | 5,15 | 1,92 | 94,71 | 5,29 | 15,11 | 53,43 | 3,36 | 0,42 | 5,46 | 13,49 | 1,03 | 6,62 | 1,09 | 27,69 | 72,31 | 1,42 | 2,113 |
| T-3.1 | 78,40 | 16,18 | 0,26 | 5,16 | 92,92 | 7,08 | 33,20 | 26,65 | 0,97 | 0,58 | 19,69 | 14,02 | 0,85 | 2,65 | 1,38 | 38,60 | 61,40 | -0,79 | -0,432 |
| T-3.2 | 77,87 | 17,36 | 0,82 | 3,95 | 78,36 | 21,64 | 50,10 | 25,96 | 1,32 | 1,02 | 9,06 | 9,39 | 0,32 | 1,97 | 0,86 | 21,59 | 78,41 | 0,30 | -1,679 |
| T-3.3 | 75,38 | 21,41 | 1,00 | 2,20 | 90,88 | 9,12 | 26,14 | 36,93 | 2,23 | 1,18 | 15,33 | 12,98 | 0,91 | 2,92 | 1,38 | 33,52 | 66,48 | 0,20 | 0,640 |
| T-3.4 | 77,13 | 18,71 | 0,67 | 3,49 | 88,52 | 11,48 | 31,38 | 32,77 | 1,87 | 0,82 | 15,23 | 13,30 | 0,90 | 2,63 | 1,10 | 33,16 | 66,84 | -0,02 | 0,087 |
| T-6.1 | 78,40 | 17,82 | 0,12 | 3,66 | 99,78 | 0,22 | 21,23 | 49,42 | 0,67 | 0,43 | 8,62 | 13,63 | 0,88 | 3,95 | 1,15 | 28,24 | 71,76 | 1,32 | 1,762 |
| T-6.2 | 79,84 | 16,29 | 0,35 | 3,52 | 99,35 | 0,65 | 30,51 | 39,46 | 1,10 | 0,86 | 8,79 | 13,55 | 1,32 | 3,30 | 1,11 | 28,07 | 71,93 | 0,76 | 0,594 |
| T-6.3 | 75,74 | 16,17 | 0,47 | 7,62 | 99,22 | 0,78 | 41,81 | 39,04 | 0,18 | 0,55 | 5,22 | 8,39 | 1,08 | 2,86 | 0,86 | 18,42 | 81,58 | 1,51 | -0,202 |
| T-6.4 | 80,33 | 17,22 | 0,00 | 2,45 | 99,67 | 0,33 | 19,45 | 42,92 | 2,39 | 0,67 | 11,74 | 16,09 | 1,34 | 4,10 | 1,29 | 34,57 | 65,43 | 0,51 | 1,441 |
| T-8.1 | 73,52 | 25,10 | 0,17 | 1,21 | 98,71 | 1,29 | 12,56 | 69,59 | 0,55 | 0,08 | 3,80 | 7,97 | 0,77 | 4,05 | 0,62 | 17,22 | 82,78 | 3,12 | 3,392 |
| T-8.2 | 73,18 | 25,31 | 0,16 | 1,35 | 97,87 | 2,13 | 11,33 | 68,45 | 0,88 | 0,33 | 4,59 | 8,78 | 0,91 | 3,90 | 0,84 | 19,02 | 80,98 | 2,87 | 3,313 |
| T-8.3 | 73,16 | 24,87 | 0,25 | 1,72 | 96,90 | 3,10 | 12,24 | 68,50 | 0,53 | 1,16 | 3,75 | 8,12 | 0,96 | 3,75 | 1,00 | 17,58 | 82,42 | 2,91 | 3,214 |
| T-11.1 | 72,58 | 24,05 | 0,20 | 3,17 | 97,14 | 2,86 | 12,12 | 61,14 | 2,00 | 1,19 | 5,42 | 11,88 | 0,63 | 4,49 | 1,14 | 23,56 | 76,44 | 2,22 | 2,893 |
| T-11.2 | 72,40 | 25,24 | 0,41 | 1,95 | 99,30 | 0,70 | 14,00 | 62,69 | 2,06 | 0,90 | 5,73 | 9,30 | 0,91 | 3,80 | 0,61 | 20,35 | 79,65 | 2,51 | 2,881 |
| T-11.3 | 72,79 | 25,35 | 0,13 | 1,73 | 99,10 | 0,90 | 12,72 | 59,05 | 2,85 | 1,20 | 5,30 | 11,98 | 1,17 | 4,83 | 0,91 | 24,19 | 75,81 | 2,03 | 2,703 |
| T-11.4 | 71,48 | 25,08 | 0,15 | 3,28 | 99,24 | 0,76 | 13,80 | 59,57 | 2,90 | 1,00 | 5,70 | 10,78 | 0,69 | 4,41 | 1,14 | 22,72 | 77,28 | 2,10 | 2,603 |
| | 74,11 | 22,04 | 1,03 | 2,81 | 94,67 | 5,33 | 21,07 | 51,60 | 1,73 | 0,79 | 7,23 | 11,56 | 1,00 | 3,97 | 1,05 | 24,80 | 75,20 | ← Promedio | |
| | 3,46 | 3,51 | 1,52 | 1,41 | 5,25 | 5,25 | 10,69 | 12,73 | 0,92 | 0,34 | 4,26 | 2,35 | 0,37 | 1,28 | 0,22 | 6,26 | 6,26 | ← Desvest | |

Gráficos circulares donde se representa para el conjunto de las partículas seleccionadas de T (afloramiento JE-004-GA) el porcentaje del % mol (valor promedio) de cada uno los elementos que conforman los sitios X, B y A de la fórmula general.



Gráficos de dispersión donde se comparan los valores obtenidos de % mol REE/A con los de (% mol P/X, %mol S/X, %mol As/X), (% mol Sr/A, % mol Ca/A, % mol K/A, % mol Ba) y % mol (A-REE)/A. Se han elaborado para observar el posible grado de sustitución y su línea de tendencia (Figuras: 39 a 46).

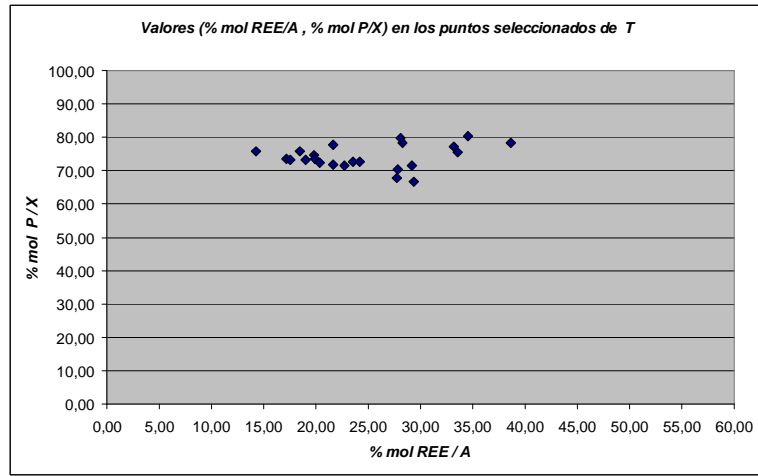


Fig.39: Distribución puntos (%mol REE/A, %mol P/X) sin tendencia apreciable

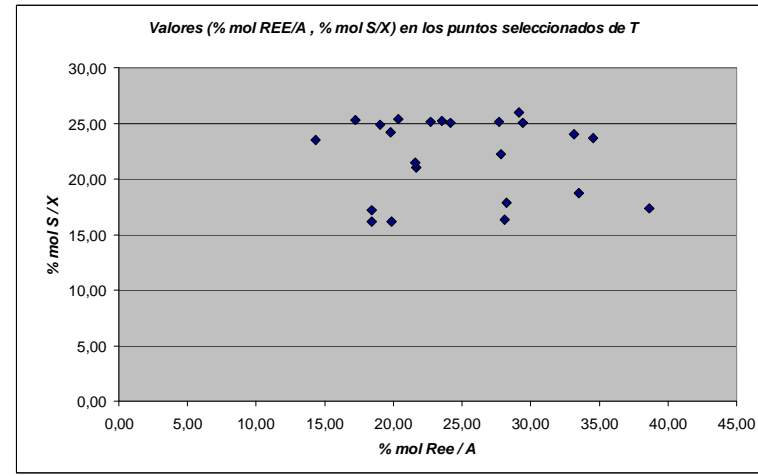


Fig.40: Distribución puntos (%mol REE/A, %mol S/X) sin tendencia apreciable

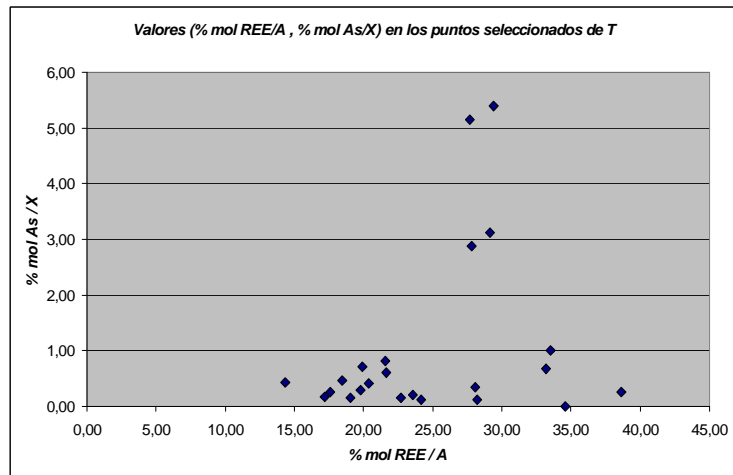


Fig.41: Distribución puntos (%mol REE/A, %mol As/X) sin tendencia apreciable

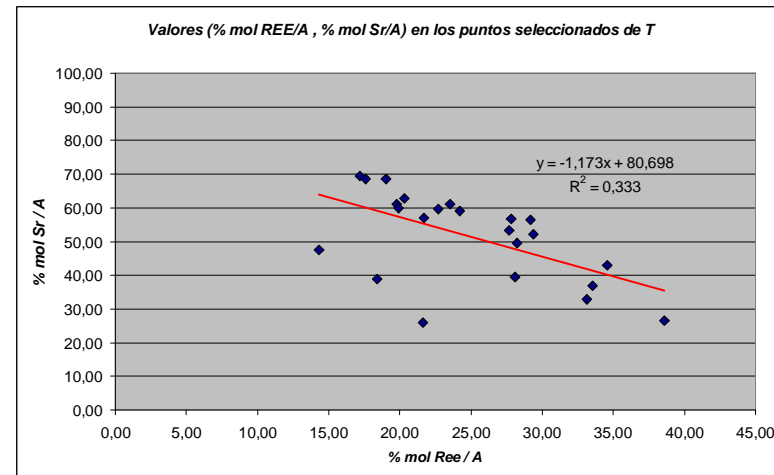


Fig.42: Puntos con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Sr/A)

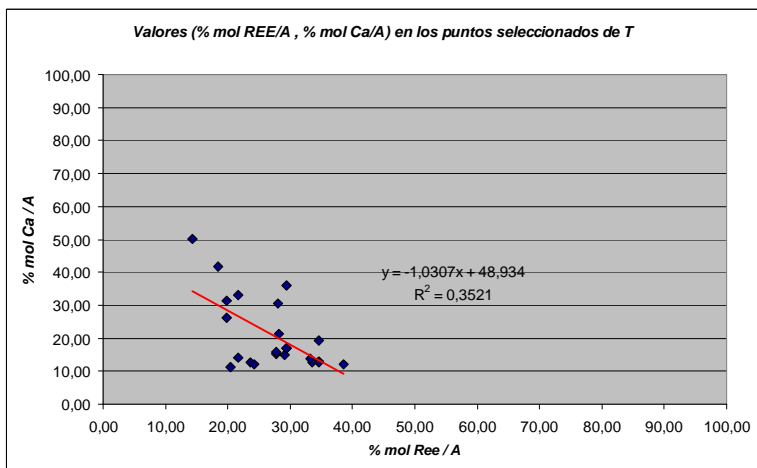


Fig.43: Tendencia lineal mayoritaria: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Ca/A)

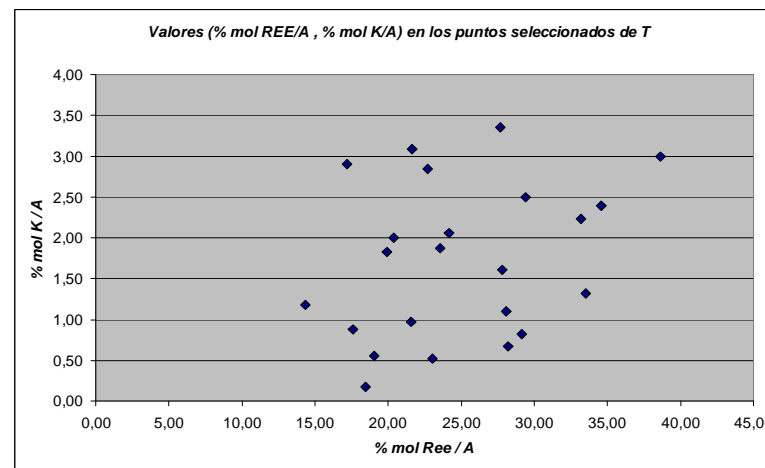


Fig.44: Distribución puntos (%mol REE/A,%mol K/A) sin tendencia apreciable

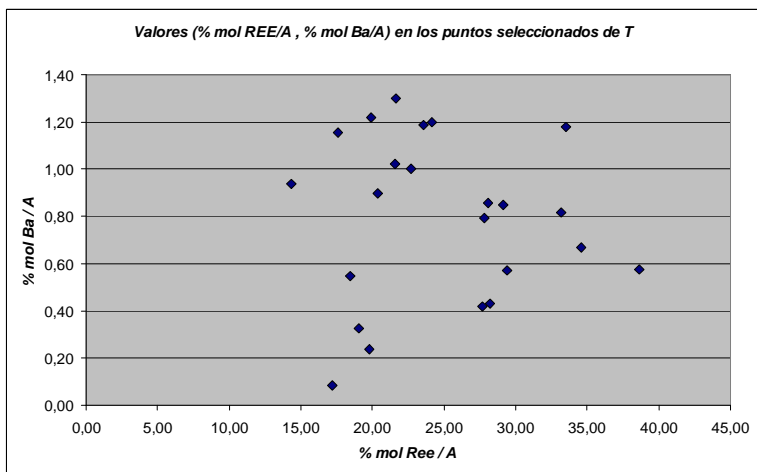


Fig.45: Distribución puntos (%mol REE/A,%mol Ba/A) sin tendencia apreciable

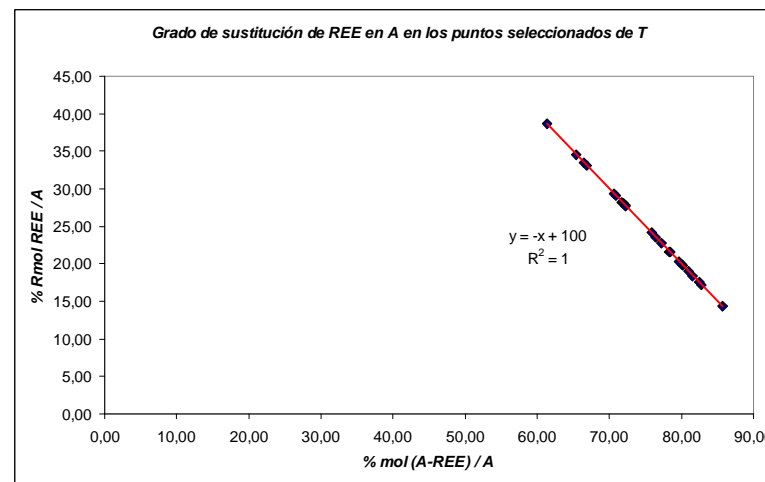
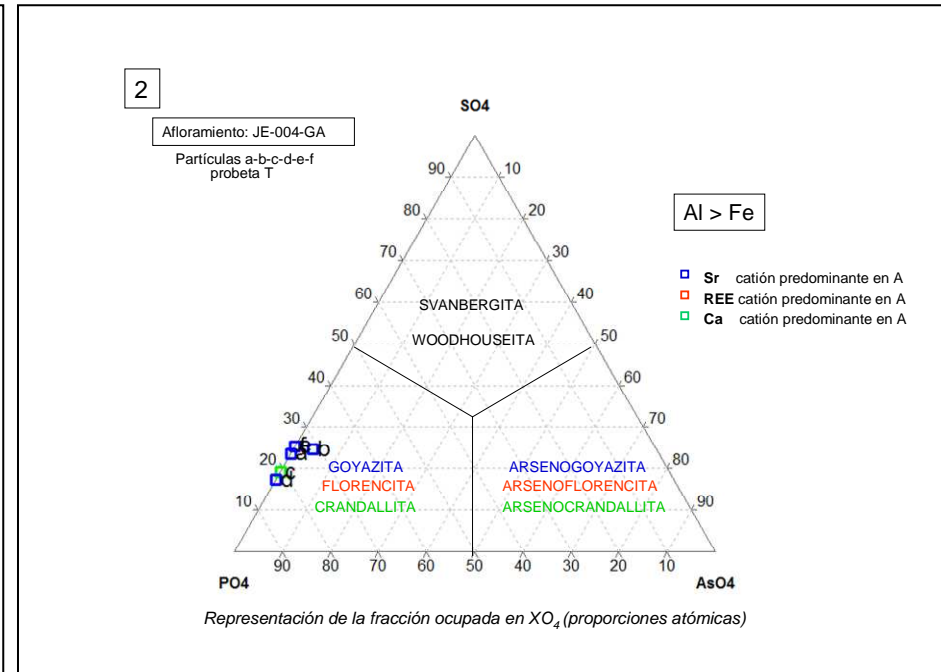
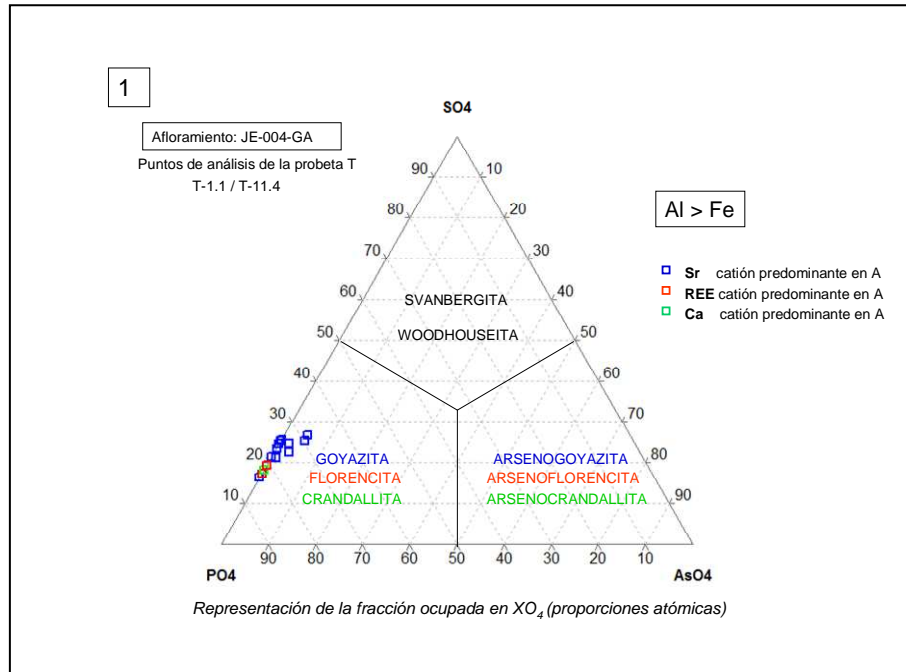


Fig. 46: Distribución puntos (%mol (A-REE)/A,%mol REE/A) perfectamente alineados

Clasificación mineralógica para cada punto y a nivel de partícula de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999)

| | Partículas | a | b | c | d | e | f |
|--------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % SO ₄ | Promedios | 23,95 | 24,85 | 19,11 | 17,63 | 25,46 | 25,58 |
| % PO ₄ | | 75,52 | 70,92 | 80,18 | 82,12 | 74,35 | 74,20 |
| % AsO ₄ | | 0,52 | 4,23 | 0,71 | 0,25 | 0,20 | 0,23 |
| Predominio | | Sr | Sr | Ca | Sr | Sr | Sr |

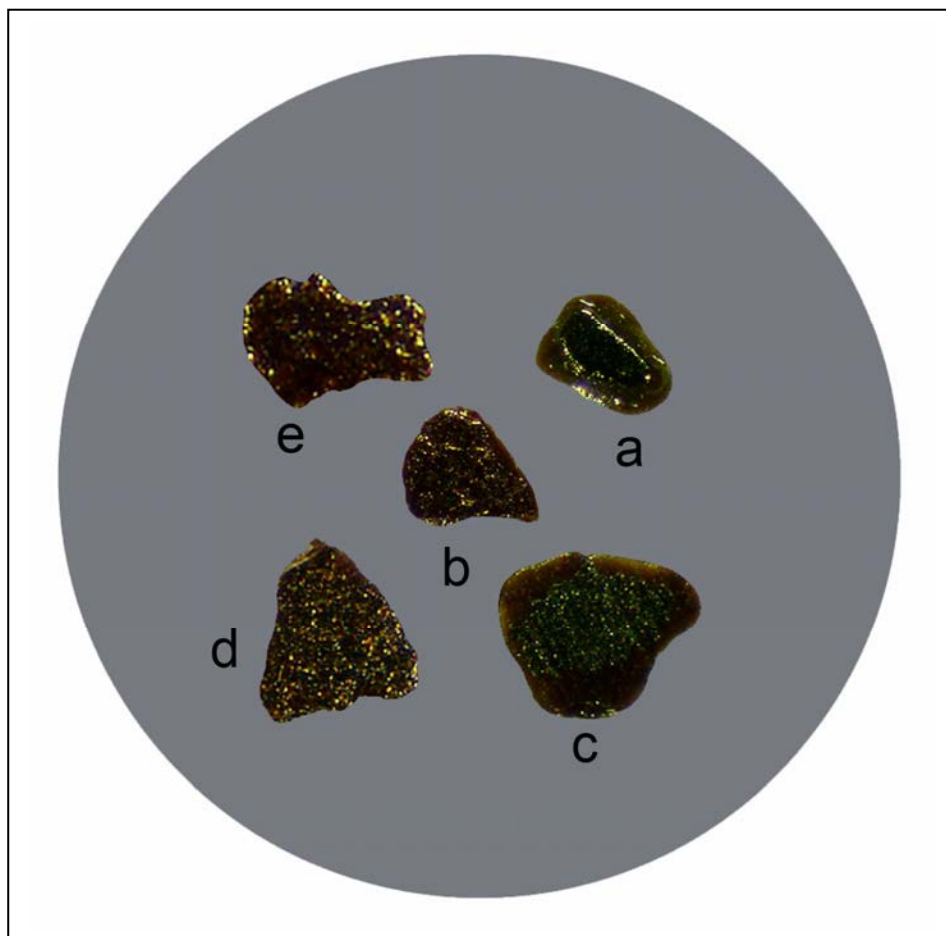
| Punto | T-1.1 | T-1.2 | T-1.3 | T-1.4 | T-2.1 | T-2.2 | T-2.3 | T-2.4 | T-3.1 | T-3.2 | T-3.3 | T-3.4 | T-6.1 | T-6.2 | T-6.3 | T-6.4 | T-8.1 | T-8.2 | T-8.3 | T-11.1 | T-11.2 | T-11.3 | T-11.4 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| % SO ₄ | 25,76 | 21,58 | 23,89 | 24,59 | 24,43 | 22,93 | 26,52 | 25,52 | 17,07 | 18,08 | 21,90 | 19,39 | 18,50 | 16,88 | 17,50 | 17,65 | 25,40 | 25,66 | 25,30 | 24,84 | 25,74 | 25,80 | 25,93 |
| % PO ₄ | 73,62 | 77,97 | 75,81 | 74,69 | 72,60 | 73,85 | 67,99 | 69,23 | 82,66 | 81,07 | 77,08 | 79,92 | 81,38 | 82,76 | 81,99 | 82,35 | 74,42 | 74,18 | 74,44 | 74,96 | 73,84 | 74,07 | 73,91 |
| % AsO ₄ | 0,62 | 0,45 | 0,30 | 0,72 | 2,97 | 3,22 | 5,50 | 5,25 | 0,27 | 0,85 | 1,02 | 0,70 | 0,12 | 0,36 | 0,51 | 0,00 | 0,17 | 0,16 | 0,26 | 0,21 | 0,42 | 0,13 | 0,16 |
| Predominio | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | REE | Ca | Sr | REE | Sr | Sr | Ca | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr |



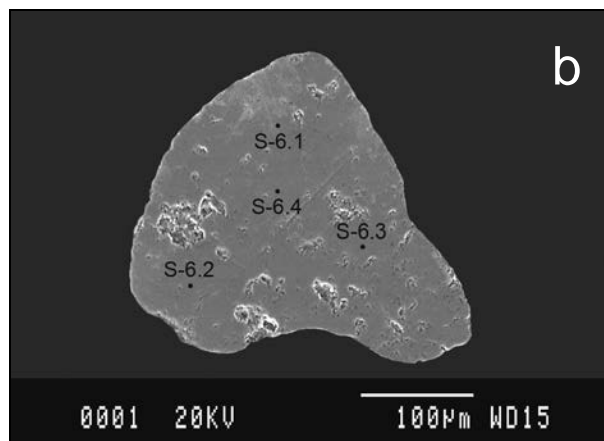
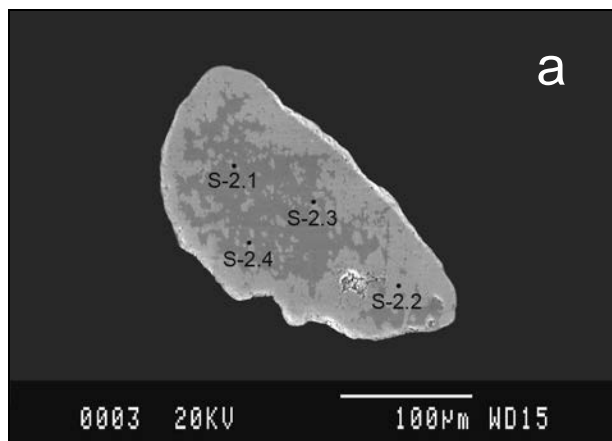
1 - Los puntos (T-11 a T-2.4) / T-3.3 / (T-6.1 a T-11.4)) con predominio de Sr en A corresponden a *goyazita*. Los puntos (T-3.1 y T-3.4) con predominio de REE en A y mayor proporción de lantano a *florencita* (La). El punto T-3.2 con mayor proporción de Ca en A a *crandallita*.

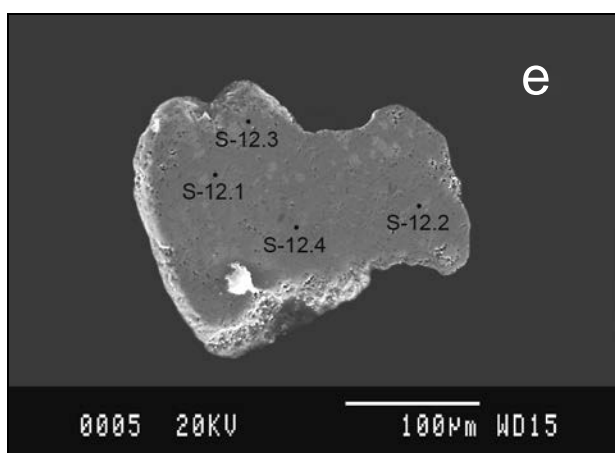
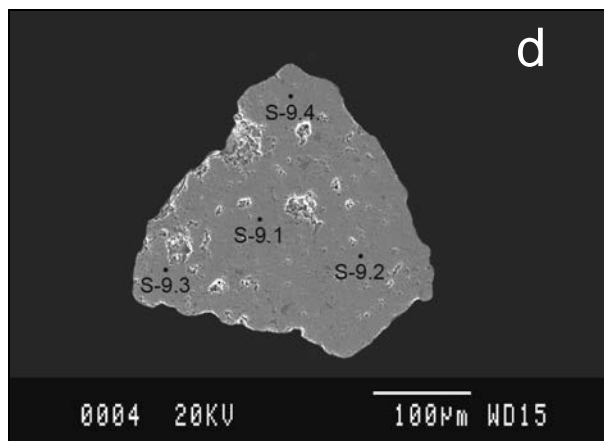
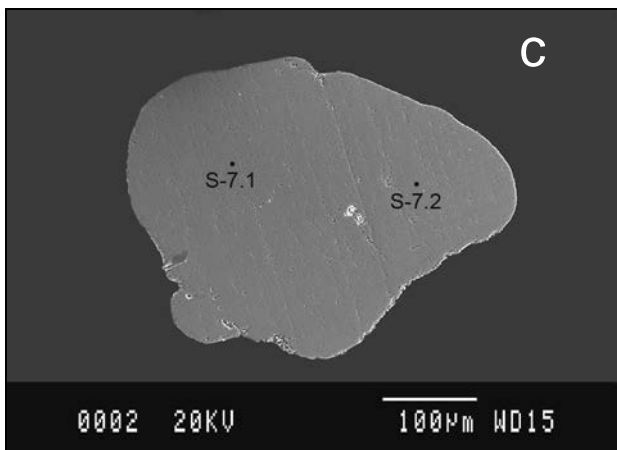
2 - A nivel de partícula, (a-b-d-e-f) corresponden a *goyazita*, (c) a *crandallita*.

Probeta S (afloramiento JE-010-VOR)



| Probeta S | | | | | | |
|--------------|-------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|--------|
| Afloramiento | nº part | Puntos de análisis en cada partícula | | | | |
| | | a | b | c | d | e |
| JE-010-VOR | 5 | S-2.1 | S-6.1 | S-7.1 | S-9.1 | S-12.1 |
| El Falgar | (a,b,c,d,e) | S-2.2 | S-6.2 | S-7.2 | S-9.2 | S-12.2 |
| Mioceno | | S-2.3 | S-6.3 | | S-9.3 | S-12.3 |
| | | S-2.4 | S-6.4 | | S-9.4 | S-12.4 |





Afloramiento: **JE-010-VOR** (Mioceno): UTMX: 441013E, UTMY: 4610046N
El Falgar (Sondeos)
Muestras: Probeta S: 5 partículas (a-b-c-d-e) - Puntos de análisis seleccionados: 18
Método de análisis: **EMPA**
Elementos analizados: **F. Al. Si. P. S. K. Ca. Fe. As. Sr. Ba. La. Ce. Pr. Nd. Gd.**

Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula expresada en A%

| Partícula | Punto | O A% | F A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | K A% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | Ba A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | Gd A% | Totales |
|-----------|----------|-------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| a | S-2.1 | 64,13 | 0,39 | 17,45 | 0,10 | 8,35 | 2,46 | 0,12 | 1,06 | 0,44 | 0,62 | 2,65 | 0,09 | 0,55 | 1,16 | 0,06 | 0,27 | 0,11 | 100,0 |
| | S-2.2 | 64,28 | 0,38 | 17,03 | 0,08 | 8,89 | 2,43 | 0,08 | 1,04 | 0,35 | 0,55 | 2,79 | 0,08 | 0,49 | 1,07 | 0,09 | 0,27 | 0,11 | 100,0 |
| | S-2.3 | 64,07 | 0,54 | 17,35 | 0,11 | 8,55 | 2,32 | 0,10 | 1,07 | 0,32 | 0,64 | 2,64 | 0,07 | 0,55 | 1,18 | 0,09 | 0,31 | 0,09 | 100,0 |
| | S-2.4 | 64,29 | 0,35 | 17,35 | 0,09 | 8,75 | 2,42 | 0,13 | 1,00 | 0,19 | 0,64 | 2,65 | 0,10 | 0,46 | 1,19 | 0,05 | 0,27 | 0,07 | 100,0 |
| b | S-6.1 | 64,14 | 0,15 | 16,75 | 1,02 | 8,13 | 2,82 | 0,50 | 1,23 | 0,89 | 0,11 | 2,73 | 0,03 | 0,31 | 0,79 | 0,05 | 0,31 | 0,06 | 100,0 |
| | S-6.2 | 64,12 | 0,19 | 16,97 | 0,08 | 8,38 | 2,85 | 0,21 | 1,02 | 1,48 | 0,06 | 3,06 | 0,03 | 0,32 | 0,79 | 0,09 | 0,29 | 0,07 | 100,0 |
| | S-6.3 | 64,44 | 0,21 | 16,59 | 0,12 | 8,77 | 3,03 | 0,31 | 0,93 | 1,10 | 0,12 | 2,76 | 0,04 | 0,30 | 0,82 | 0,08 | 0,29 | 0,08 | 100,0 |
| | S-6.4 | 64,24 | 0,16 | 16,86 | 0,10 | 8,85 | 2,67 | 0,21 | 1,01 | 1,34 | 0,06 | 2,98 | 0,01 | 0,30 | 0,80 | 0,07 | 0,27 | 0,08 | 100,0 |
| c | S-7.1 | 63,64 | 0,82 | 17,58 | 0,10 | 8,56 | 1,90 | 0,20 | 1,20 | 1,00 | 0,20 | 1,80 | 0,04 | 1,57 | 1,09 | 0,09 | 0,13 | 0,10 | 100,0 |
| | S-7.2 | 63,77 | 0,45 | 17,42 | 0,12 | 8,94 | 1,61 | 0,09 | 1,23 | 1,28 | 0,15 | 1,91 | 0,03 | 1,55 | 1,14 | 0,02 | 0,19 | 0,10 | 100,0 |
| d | S-9.1 | 63,70 | 0,94 | 18,33 | 0,11 | 8,64 | 1,80 | 0,15 | 1,07 | 0,24 | 0,26 | 1,57 | 0,00 | 1,53 | 1,25 | 0,10 | 0,19 | 0,11 | 100,0 |
| | S-9.2 | 63,52 | 1,17 | 18,22 | 0,11 | 8,77 | 1,62 | 0,18 | 1,18 | 0,14 | 0,28 | 1,56 | 0,04 | 1,54 | 1,29 | 0,06 | 0,22 | 0,11 | 100,0 |
| | S-9.3 | 63,70 | 0,85 | 18,25 | 0,07 | 8,78 | 1,69 | 0,24 | 1,11 | 0,08 | 0,31 | 1,42 | 0,06 | 1,67 | 1,37 | 0,06 | 0,22 | 0,14 | 100,0 |
| | S-9.4 | 63,61 | 1,08 | 18,26 | 0,10 | 8,83 | 1,69 | 0,16 | 1,02 | 0,22 | 0,13 | 1,50 | 0,03 | 1,64 | 1,39 | 0,02 | 0,20 | 0,12 | 100,0 |
| e | S-12.1 | 64,46 | 0,27 | 17,40 | 0,05 | 8,76 | 3,31 | 0,36 | 1,11 | 0,10 | 0,04 | 2,88 | 0,06 | 0,29 | 0,53 | 0,06 | 0,26 | 0,06 | 100,0 |
| | S-12.2 | 64,08 | 0,73 | 17,56 | 0,03 | 8,30 | 3,28 | 0,29 | 1,20 | 0,15 | 0,08 | 2,99 | 0,03 | 0,31 | 0,56 | 0,10 | 0,28 | 0,04 | 100,0 |
| | S-12.3 | 64,39 | 0,17 | 17,31 | 0,10 | 8,87 | 3,09 | 0,33 | 1,07 | 0,32 | 0,05 | 3,19 | 0,01 | 0,35 | 0,48 | 0,04 | 0,20 | 0,04 | 100,0 |
| | S-12.4 | 64,32 | 0,35 | 17,58 | 0,04 | 8,80 | 3,00 | 0,26 | 1,06 | 0,14 | 0,11 | 2,97 | 0,00 | 0,41 | 0,62 | 0,03 | 0,25 | 0,06 | 100,0 |
| a | Promedio | 64,19 | 0,42 | 17,30 | 0,10 | 8,64 | 2,41 | 0,11 | 1,04 | 0,33 | 0,61 | 2,68 | 0,08 | 0,51 | 1,15 | 0,07 | 0,28 | 0,09 | 100,0 |
| b | | 64,23 | 0,18 | 16,79 | 0,33 | 8,53 | 2,84 | 0,30 | 1,05 | 1,21 | 0,09 | 2,88 | 0,03 | 0,31 | 0,80 | 0,07 | 0,29 | 0,07 | 100,0 |
| c | | 63,71 | 0,64 | 17,50 | 0,11 | 8,75 | 1,75 | 0,15 | 1,22 | 1,14 | 0,18 | 1,85 | 0,03 | 1,56 | 1,11 | 0,05 | 0,16 | 0,10 | 100,0 |
| d | | 63,63 | 1,01 | 18,26 | 0,10 | 8,75 | 1,70 | 0,18 | 1,09 | 0,17 | 0,24 | 1,51 | 0,03 | 1,60 | 1,33 | 0,06 | 0,21 | 0,12 | 100,0 |
| e | | 64,31 | 0,38 | 17,46 | 0,05 | 8,68 | 3,17 | 0,31 | 1,11 | 0,18 | 0,07 | 3,01 | 0,02 | 0,34 | 0,55 | 0,06 | 0,25 | 0,05 | 100,0 |

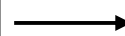
Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula en porcentajes en peso de óxidos (*)

| Partícula | Punto | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% |
|-----------|----------|-------------|--------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| | | F | O%F | Al ₂ O ₃ | Si O ₂ | P ₂ O ₅ | S O ₃ | K ₂ O | Ca O | Fe ₂ O ₃ | As ₂ O ₅ | Sr O | Ba O | La ₂ O ₃ | Ce ₂ O ₃ | Pr ₂ O ₃ | Nd ₂ O ₃ | Gd ₂ O ₃ | H ₂ O | Total |
| a | S-2.1 | 0,26 | -0,11 | 31,90 | 1,71 | 20,44 | 8,44 | 0,17 | 1,57 | 2,52 | 0,83 | 9,05 | 0,20 | 3,15 | 5,35 | 0,41 | 1,92 | 0,46 | 11,73 | 100,0 |
| | S-2.2 | 0,26 | -0,11 | 30,89 | 0,98 | 24,36 | 7,07 | 0,16 | 2,27 | 0,34 | 0,35 | 12,88 | 0,27 | 1,42 | 1,65 | 0,21 | 1,17 | 0,31 | 15,52 | 100,0 |
| | S-2.3 | 0,36 | -0,15 | 31,46 | 1,75 | 24,47 | 6,79 | 0,22 | 2,27 | 0,34 | 0,46 | 13,29 | 0,17 | 1,14 | 1,79 | 0,40 | 1,14 | 0,31 | 13,78 | 100,0 |
| | S-2.4 | 0,23 | -0,10 | 32,05 | 1,56 | 26,01 | 6,57 | 0,11 | 2,45 | 0,10 | 0,38 | 13,84 | 0,35 | 1,40 | 1,55 | 0,26 | 1,07 | 0,28 | 11,91 | 100,0 |
| b | S-6.1 | 0,10 | -0,04 | 32,20 | 0,98 | 25,02 | 7,09 | 0,18 | 2,11 | 0,24 | 0,41 | 13,64 | 0,28 | 0,83 | 1,55 | 0,39 | 0,97 | 0,30 | 13,75 | 100,0 |
| | S-6.2 | 0,13 | -0,05 | 31,76 | 0,90 | 25,23 | 7,29 | 0,14 | 2,29 | 0,31 | 0,28 | 13,68 | 0,31 | 1,01 | 1,75 | 0,23 | 0,91 | 0,40 | 13,42 | 100,0 |
| | S-6.3 | 0,15 | -0,06 | 32,10 | 0,98 | 25,09 | 7,14 | 0,18 | 2,24 | 0,24 | 0,31 | 13,43 | 0,32 | 0,96 | 1,93 | 0,37 | 1,18 | 0,35 | 13,07 | 100,0 |
| | S-6.4 | 0,11 | -0,05 | 33,99 | 3,12 | 16,20 | 15,18 | 0,72 | 1,65 | 3,59 | 0,32 | 11,40 | 0,38 | 0,67 | 1,44 | 0,04 | 0,91 | 0,32 | 10,00 | 100,0 |
| c | S-7.1 | 0,53 | -0,22 | 33,67 | 0,43 | 18,54 | 15,06 | 0,67 | 1,58 | 3,17 | 0,23 | 12,30 | 0,38 | 0,73 | 1,58 | 0,29 | 0,98 | 0,20 | 9,88 | 100,0 |
| | S-7.2 | 0,29 | -0,12 | 34,58 | 0,36 | 17,37 | 16,13 | 0,76 | 1,76 | 1,44 | 0,20 | 11,60 | 0,26 | 0,89 | 1,58 | 0,27 | 0,89 | 0,25 | 11,48 | 100,0 |
| d | S-9.1 | 0,62 | -0,26 | 32,61 | 0,81 | 16,91 | 15,08 | 0,77 | 1,68 | 8,31 | 0,18 | 10,38 | 0,36 | 0,82 | 1,60 | 0,19 | 0,75 | 0,17 | 9,01 | 100,0 |
| | S-9.2 | 0,76 | -0,32 | 34,24 | 0,60 | 18,26 | 15,26 | 0,80 | 1,65 | 3,20 | 0,25 | 11,09 | 0,48 | 0,82 | 1,58 | 0,09 | 0,70 | 0,14 | 10,40 | 100,0 |
| | S-9.3 | 0,55 | -0,23 | 33,16 | 0,58 | 17,32 | 14,96 | 0,84 | 1,71 | 4,69 | 0,28 | 11,63 | 0,27 | 0,66 | 1,45 | 0,19 | 0,63 | 0,30 | 11,03 | 100,0 |
| | S-9.4 | 0,69 | -0,29 | 33,56 | 1,84 | 18,03 | 14,91 | 0,81 | 1,69 | 3,47 | 0,20 | 11,48 | 0,33 | 0,79 | 1,46 | 0,26 | 0,87 | 0,18 | 9,70 | 100,0 |
| e | S-12.1 | 0,19 | -0,08 | 29,17 | 0,86 | 21,40 | 5,87 | 0,37 | 2,11 | 6,83 | 0,28 | 8,18 | 0,68 | 5,55 | 4,66 | 0,43 | 1,13 | 0,45 | 11,91 | 100,0 |
| | S-12.2 | 0,51 | -0,21 | 27,68 | 1,24 | 19,75 | 5,39 | 0,40 | 1,86 | 12,30 | 0,44 | 8,40 | 0,88 | 4,73 | 4,01 | 0,35 | 1,21 | 0,43 | 10,64 | 100,0 |
| | S-12.3 | 0,12 | -0,05 | 30,48 | 0,26 | 22,39 | 7,24 | 0,37 | 1,79 | 2,14 | 0,12 | 10,60 | 0,78 | 3,75 | 3,41 | 0,33 | 1,69 | 0,44 | 14,14 | 100,0 |
| | S-12.4 | 0,24 | -0,10 | 28,95 | 0,88 | 21,93 | 6,14 | 0,33 | 1,93 | 6,59 | 0,23 | 8,42 | 0,57 | 5,43 | 4,47 | 0,39 | 1,38 | 0,46 | 11,77 | 100,0 |
| a | Promedio | 0,28 | -0,12 | 31,57 | 1,50 | 23,82 | 7,22 | 0,16 | 2,14 | 0,83 | 0,51 | 12,26 | 0,25 | 1,78 | 2,59 | 0,32 | 1,33 | 0,34 | 13,24 | 100,0 |
| b | | 0,12 | -0,05 | 32,51 | 1,50 | 22,89 | 9,18 | 0,31 | 2,07 | 1,10 | 0,33 | 13,04 | 0,32 | 0,87 | 1,67 | 0,26 | 0,99 | 0,34 | 12,56 | 100,0 |
| c | | 0,41 | -0,17 | 34,13 | 0,40 | 17,95 | 15,59 | 0,72 | 1,67 | 2,31 | 0,21 | 11,95 | 0,32 | 0,81 | 1,58 | 0,28 | 0,93 | 0,22 | 10,68 | 100,0 |
| d | | 0,66 | -0,28 | 33,39 | 0,96 | 17,63 | 15,05 | 0,80 | 1,68 | 4,92 | 0,23 | 11,15 | 0,36 | 0,77 | 1,53 | 0,18 | 0,74 | 0,20 | 10,04 | 100,0 |
| e | | 0,27 | -0,11 | 29,07 | 0,81 | 21,37 | 6,16 | 0,37 | 1,92 | 6,97 | 0,27 | 8,90 | 0,73 | 4,86 | 4,14 | 0,37 | 1,35 | 0,44 | 12,11 | 100,0 |

(*) porcentajes de H₂O calculados por diferencia

Cálculo del % mol que ocupa cada elemento en su fracción de la fórmula general

Cálculo de elemento predominante en el sitio A (en A%)

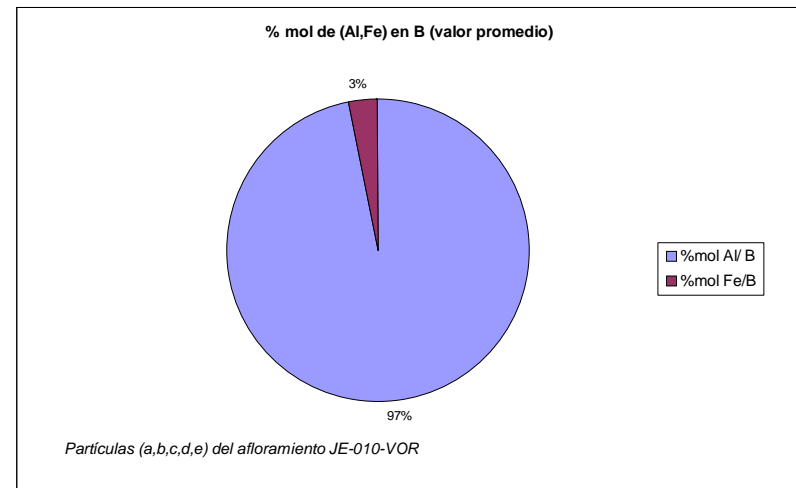
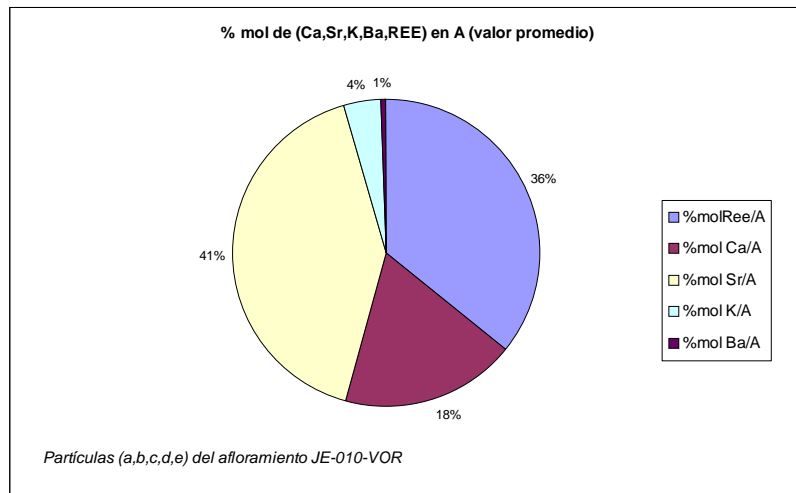
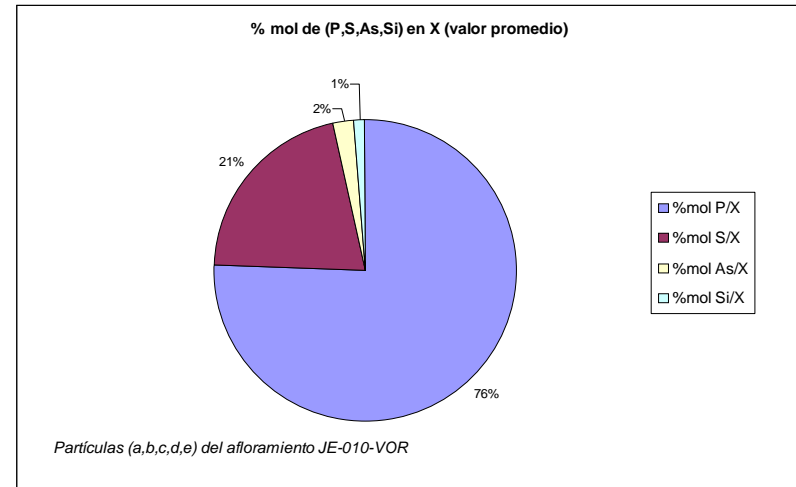
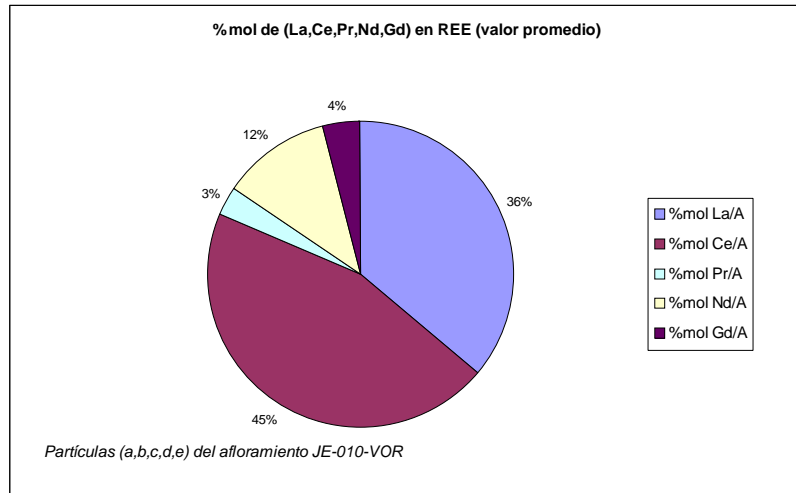


Sr

REE

| Puntos | % mol | | | | | | | | | | | | | | | | | A% | |
|--------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------|-----------------|
| | P/X | S/T | As/T | Si/T | Al/B | Fe/B | Ca/A | Sr/A | K/A | Ba/A | La/A | Ce/A | Pr/A | Nd/A | Gd/A | REE/A | (A-REE)/A | (Sr-REE) | (Sr-Ca) |
| S-2.1 | 72,39 | 21,36 | 5,39 | 0,86 | 97,55 | 2,45 | 17,46 | 43,79 | 1,91 | 1,40 | 9,11 | 19,07 | 0,99 | 4,49 | 1,78 | 35,44 | 64,56 | 0,51 | 1,596 |
| S-2.2 | 74,43 | 20,34 | 4,58 | 0,65 | 98,01 | 1,99 | 17,23 | 46,36 | 1,40 | 1,26 | 8,21 | 17,78 | 1,48 | 4,51 | 1,78 | 33,75 | 66,25 | 0,76 | 1,752 |
| S-2.3 | 73,58 | 19,95 | 5,52 | 0,95 | 98,17 | 1,83 | 17,52 | 43,41 | 1,69 | 1,12 | 9,08 | 19,31 | 1,40 | 5,04 | 1,43 | 36,26 | 63,74 | 0,44 | 1,576 |
| S-2.4 | 73,53 | 20,33 | 5,34 | 0,79 | 98,90 | 1,10 | 16,91 | 44,72 | 2,19 | 1,64 | 7,73 | 20,07 | 0,89 | 4,61 | 1,23 | 34,54 | 65,46 | 0,60 | 1,647 |
| S-6.1 | 67,33 | 23,32 | 0,92 | 8,44 | 94,95 | 5,05 | 20,50 | 45,42 | 8,33 | 0,57 | 5,17 | 13,22 | 0,75 | 5,08 | 0,97 | 25,18 | 74,82 | 1,21 | 1,495 |
| S-6.2 | 73,74 | 25,03 | 0,55 | 0,68 | 91,96 | 8,04 | 17,33 | 52,08 | 3,51 | 0,55 | 5,47 | 13,45 | 1,52 | 4,86 | 1,24 | 26,53 | 73,47 | 1,50 | 2,039 |
| S-6.3 | 72,82 | 25,20 | 1,01 | 0,97 | 93,77 | 6,23 | 16,59 | 49,20 | 5,46 | 0,78 | 5,34 | 14,61 | 1,39 | 5,23 | 1,39 | 27,96 | 72,04 | 1,19 | 1,832 |
| S-6.4 | 75,80 | 22,85 | 0,50 | 0,85 | 92,62 | 7,38 | 17,71 | 52,12 | 3,58 | 0,09 | 5,24 | 14,00 | 1,29 | 4,65 | 1,31 | 26,50 | 73,50 | 1,47 | 1,969 |
| S-7.1 | 79,61 | 17,63 | 1,84 | 0,92 | 94,62 | 5,38 | 19,35 | 28,96 | 3,24 | 0,60 | 25,23 | 17,49 | 1,40 | 2,11 | 1,63 | 47,85 | 52,15 | -1,17 | 0,597 |
| S-7.2 | 82,63 | 14,84 | 1,40 | 1,13 | 93,16 | 6,84 | 19,65 | 30,50 | 1,45 | 0,43 | 24,78 | 18,24 | 0,32 | 2,97 | 1,66 | 47,97 | 52,03 | -1,09 | 0,679 |
| S-9.1 | 79,85 | 16,67 | 2,44 | 1,04 | 98,69 | 1,31 | 17,96 | 26,25 | 2,58 | 0,07 | 25,58 | 20,86 | 1,69 | 3,13 | 1,88 | 53,14 | 46,86 | -1,61 | 0,495 |
| S-9.2 | 81,39 | 15,05 | 2,55 | 1,00 | 99,26 | 0,74 | 19,06 | 25,19 | 2,91 | 0,63 | 24,96 | 20,87 | 0,94 | 3,59 | 1,84 | 52,21 | 47,79 | -1,67 | 0,379 |
| S-9.3 | 80,98 | 15,58 | 2,81 | 0,63 | 99,57 | 0,43 | 17,66 | 22,68 | 3,79 | 0,94 | 26,52 | 21,85 | 0,89 | 3,42 | 2,25 | 54,93 | 45,07 | -2,03 | 0,315 |
| S-9.4 | 82,15 | 15,68 | 1,23 | 0,95 | 98,81 | 1,19 | 16,70 | 24,67 | 2,59 | 0,46 | 27,00 | 22,88 | 0,34 | 3,32 | 2,04 | 55,58 | 44,42 | -1,88 | 0,485 |
| S-12.1 | 72,01 | 27,24 | 0,33 | 0,42 | 99,45 | 0,55 | 19,78 | 51,30 | 6,47 | 1,03 | 5,17 | 9,47 | 1,11 | 4,69 | 0,98 | 21,42 | 78,58 | 1,68 | 1,768 |
| S-12.2 | 70,97 | 28,09 | 0,66 | 0,28 | 99,14 | 0,86 | 20,62 | 51,58 | 5,04 | 0,55 | 5,26 | 9,71 | 1,76 | 4,83 | 0,66 | 22,21 | 77,79 | 1,70 | 1,795 |
| S-12.3 | 73,27 | 25,55 | 0,40 | 0,78 | 98,21 | 1,79 | 18,75 | 55,87 | 5,81 | 0,09 | 6,05 | 8,38 | 0,72 | 3,58 | 0,75 | 19,49 | 80,51 | 2,07 | 2,116 |
| S-12.4 | 73,65 | 25,15 | 0,89 | 0,32 | 99,19 | 0,81 | 18,74 | 52,40 | 4,56 | 0,07 | 7,31 | 11,02 | 0,48 | 4,42 | 1,01 | 24,23 | 75,77 | 1,60 | 1,906 |
| | 75,56 | 21,10 | 2,13 | 1,20 | 97,00 | 3,00 | 18,31 | 41,47 | 3,70 | 0,68 | 12,96 | 16,24 | 1,08 | 4,14 | 1,43 | 35,84 | 64,16 | ← | Promedio |
| | 4,30 | 4,30 | 1,80 | 1,77 | 2,59 | 2,59 | 1,25 | 11,25 | 1,86 | 0,46 | 9,09 | 4,47 | 0,43 | 0,86 | 0,44 | 12,39 | 12,39 | ← | Desvest |

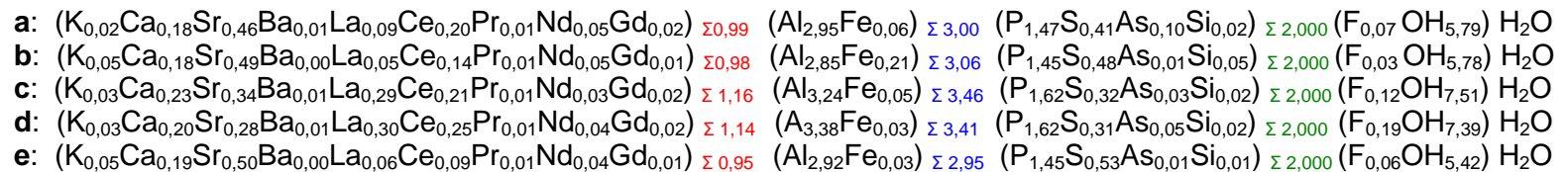
Gráficos circulares donde se representa para el conjunto de las partículas seleccionadas de S (afloramiento JE-010-VOR) el porcentaje del % mol (valor promedio) de cada uno de los elementos que conforman los sitios X, B y A de la fórmula general.



Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula (nº átomos por formula unitaria en base a X=2)

| Partícula | Punto | F | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|
| a | S-2.1 | 0,07 | 1,45 | 0,43 | 0,11 | 0,02 | 3,02 | 0,08 | 0,02 | 0,18 | 0,46 | 0,01 | 0,10 | 0,20 | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 1,05 | 3,10 | 2,00 | 6,17 |
| | S-2.2 | 0,06 | 1,49 | 0,41 | 0,09 | 0,01 | 2,85 | 0,06 | 0,01 | 0,17 | 0,47 | 0,01 | 0,08 | 0,18 | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 1,01 | 2,91 | 2,00 | 5,46 |
| | S-2.3 | 0,09 | 1,47 | 0,40 | 0,11 | 0,02 | 2,99 | 0,06 | 0,02 | 0,18 | 0,46 | 0,01 | 0,10 | 0,20 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 1,05 | 3,04 | 2,00 | 5,97 |
| | S-2.4 | 0,06 | 1,47 | 0,41 | 0,11 | 0,02 | 2,92 | 0,03 | 0,02 | 0,17 | 0,45 | 0,02 | 0,08 | 0,20 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 1,00 | 2,95 | 2,00 | 5,55 |
| b | S-6.1 | 0,02 | 1,35 | 0,47 | 0,02 | 0,17 | 2,77 | 0,15 | 0,08 | 0,20 | 0,45 | 0,01 | 0,05 | 0,13 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,99 | 2,92 | 2,00 | 5,22 |
| | S-6.2 | 0,03 | 1,47 | 0,50 | 0,01 | 0,01 | 2,99 | 0,26 | 0,04 | 0,18 | 0,54 | 0,01 | 0,06 | 0,14 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 1,03 | 3,25 | 2,00 | 6,53 |
| | S-6.3 | 0,04 | 1,46 | 0,50 | 0,02 | 0,02 | 2,76 | 0,18 | 0,05 | 0,15 | 0,46 | 0,01 | 0,05 | 0,14 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,93 | 2,94 | 2,00 | 5,38 |
| | S-6.4 | 0,03 | 1,52 | 0,46 | 0,01 | 0,02 | 2,89 | 0,23 | 0,04 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 0,05 | 0,14 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,98 | 3,12 | 2,00 | 5,98 |
| c | S-7.1 | 0,15 | 1,59 | 0,35 | 0,04 | 0,02 | 3,27 | 0,19 | 0,04 | 0,22 | 0,33 | 0,01 | 0,29 | 0,20 | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 1,16 | 3,46 | 2,00 | 7,53 |
| | S-7.2 | 0,08 | 1,65 | 0,30 | 0,03 | 0,02 | 3,22 | 0,24 | 0,02 | 0,23 | 0,35 | 0,00 | 0,29 | 0,21 | 0,00 | 0,03 | 0,02 | 1,16 | 3,46 | 2,00 | 7,50 |
| d | S-9.1 | 0,17 | 1,60 | 0,33 | 0,05 | 0,02 | 3,39 | 0,05 | 0,03 | 0,20 | 0,29 | 0,00 | 0,28 | 0,23 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 1,10 | 3,43 | 2,00 | 7,37 |
| | S-9.2 | 0,22 | 1,63 | 0,30 | 0,05 | 0,02 | 3,38 | 0,03 | 0,03 | 0,22 | 0,29 | 0,01 | 0,29 | 0,24 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 1,15 | 3,41 | 2,00 | 7,37 |
| | S-9.3 | 0,16 | 1,62 | 0,31 | 0,06 | 0,01 | 3,37 | 0,01 | 0,04 | 0,20 | 0,26 | 0,01 | 0,31 | 0,25 | 0,01 | 0,04 | 0,03 | 1,16 | 3,38 | 2,00 | 7,36 |
| | S-9.4 | 0,20 | 1,64 | 0,31 | 0,02 | 0,02 | 3,40 | 0,04 | 0,03 | 0,19 | 0,28 | 0,01 | 0,31 | 0,26 | 0,00 | 0,04 | 0,02 | 1,13 | 3,44 | 2,00 | 7,47 |
| e | S-12.1 | 0,04 | 1,44 | 0,54 | 0,01 | 0,01 | 2,86 | 0,02 | 0,06 | 0,18 | 0,47 | 0,01 | 0,05 | 0,09 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,92 | 2,88 | 2,00 | 5,15 |
| | S-12.2 | 0,12 | 1,42 | 0,56 | 0,01 | 0,01 | 3,00 | 0,03 | 0,05 | 0,20 | 0,51 | 0,01 | 0,05 | 0,10 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,99 | 3,03 | 2,00 | 5,80 |
| | S-12.3 | 0,03 | 1,47 | 0,51 | 0,01 | 0,02 | 2,86 | 0,05 | 0,05 | 0,18 | 0,53 | 0,00 | 0,06 | 0,08 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,94 | 2,91 | 2,00 | 5,24 |
| | S-12.4 | 0,06 | 1,47 | 0,50 | 0,02 | 0,01 | 2,94 | 0,02 | 0,04 | 0,18 | 0,50 | 0,00 | 0,07 | 0,10 | 0,00 | 0,04 | 0,01 | 0,95 | 2,97 | 2,00 | 5,48 |
| a | Promedio | 0,07 | 1,47 | 0,41 | 0,10 | 0,02 | 2,95 | 0,06 | 0,02 | 0,18 | 0,46 | 0,01 | 0,09 | 0,20 | 0,01 | 0,05 | 0,02 | 0,99 | 3,00 | 2,00 | 5,79 |
| b | | 0,03 | 1,45 | 0,48 | 0,01 | 0,05 | 2,85 | 0,21 | 0,05 | 0,18 | 0,49 | 0,00 | 0,05 | 0,14 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,98 | 3,06 | 2,00 | 5,78 |
| c | | 0,12 | 1,62 | 0,32 | 0,03 | 0,02 | 3,24 | 0,21 | 0,03 | 0,23 | 0,34 | 0,01 | 0,29 | 0,21 | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 1,16 | 3,46 | 2,00 | 7,51 |
| d | | 0,19 | 1,62 | 0,31 | 0,05 | 0,02 | 3,38 | 0,03 | 0,03 | 0,20 | 0,28 | 0,01 | 0,30 | 0,25 | 0,01 | 0,04 | 0,02 | 1,14 | 3,41 | 2,00 | 7,39 |
| e | | 0,06 | 1,45 | 0,53 | 0,01 | 0,01 | 2,92 | 0,03 | 0,05 | 0,19 | 0,50 | 0,00 | 0,06 | 0,09 | 0,01 | 0,04 | 0,01 | 0,95 | 2,95 | 2,00 | 5,42 |

Fórmulas estructurales que se deducen de los valores promedio de cada partícula



Gráficos de dispersión donde se comparan los valores obtenidos de % mol REE/A con los de (% mol P/X, %mol S/X, %mol As/X), (% mol Sr/A, % mol Ca/A, % mol K/A, % mol Ba) y % mol (A-REE)/A. Se han elaborado para observar los posibles grados de sustitución y su línea de tendencia. (Figuras: 47 a 54)

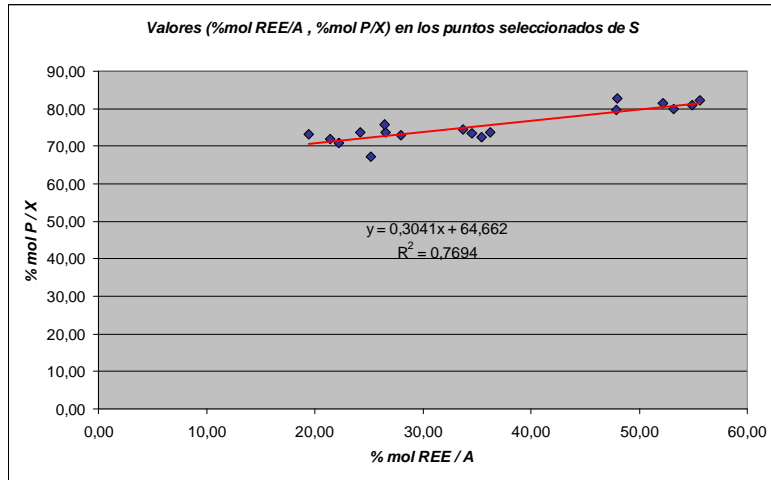


Fig.47: Puntos con tendencia lineal: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol P/X)

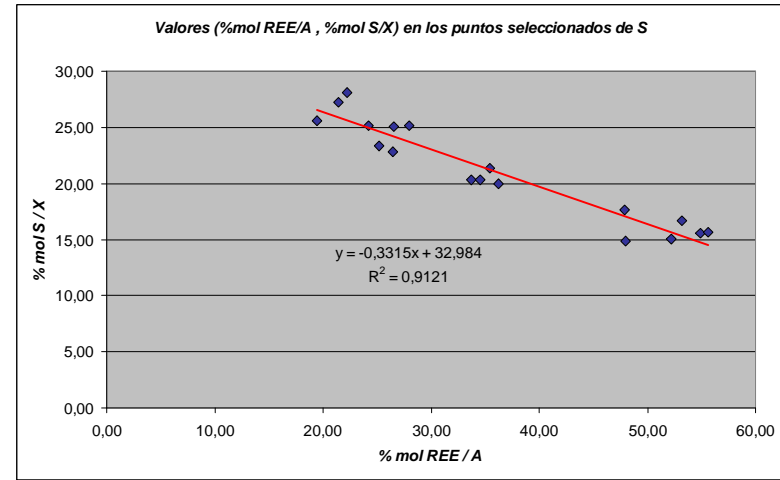


Fig.48: Puntos con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol S/X)

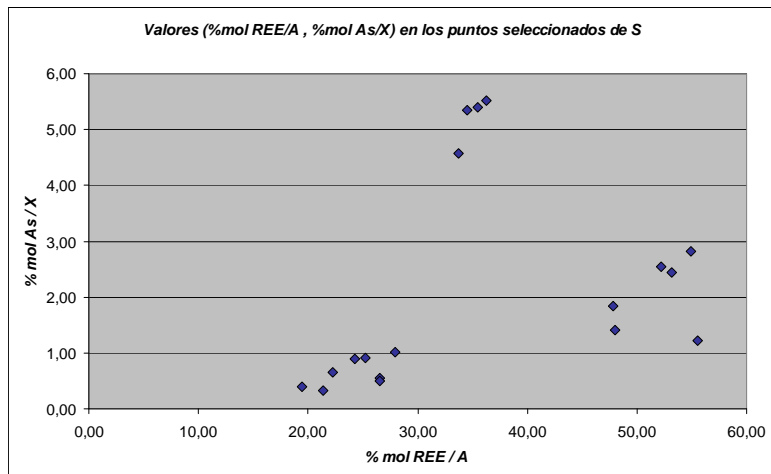


Fig.49: Distribución puntos (%mol REE/A, %mol As/X) sin tendencia apreciable

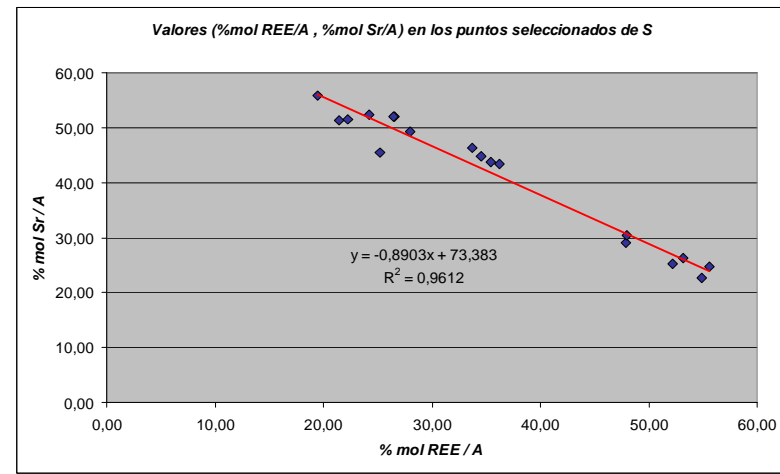


Fig.50: Puntos con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Sr/A)

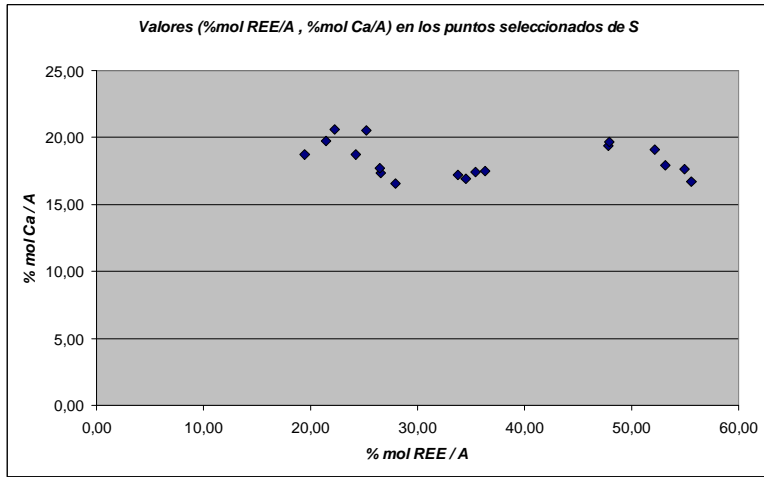


Fig.51: Distribución puntos (%mol REE/A,%mol Ca/A) sin tendencia apreciable

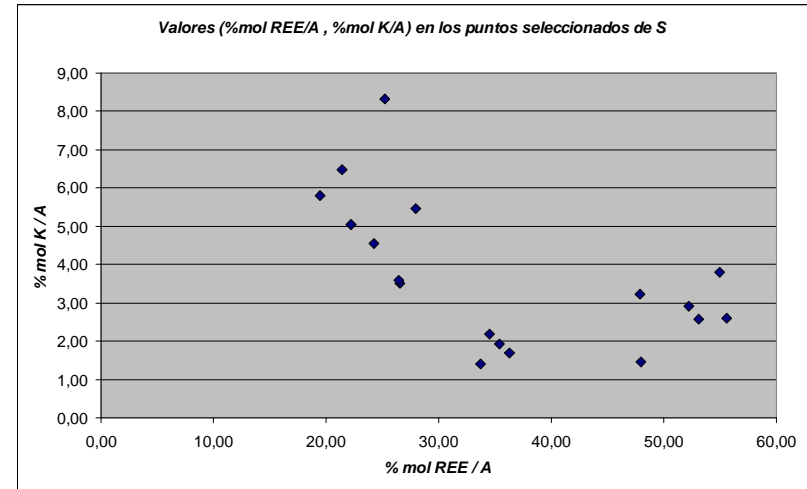


Fig.52: Distribución puntos (%mol REE/A,%mol K/A) sin tendencia apreciable

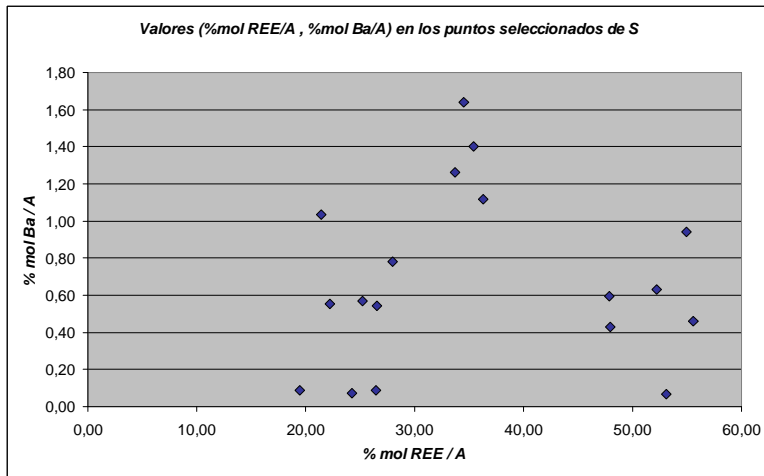


Fig.53: Distribución puntos (%mol REE/A,%mol Ba/A) sin tendencia apreciable

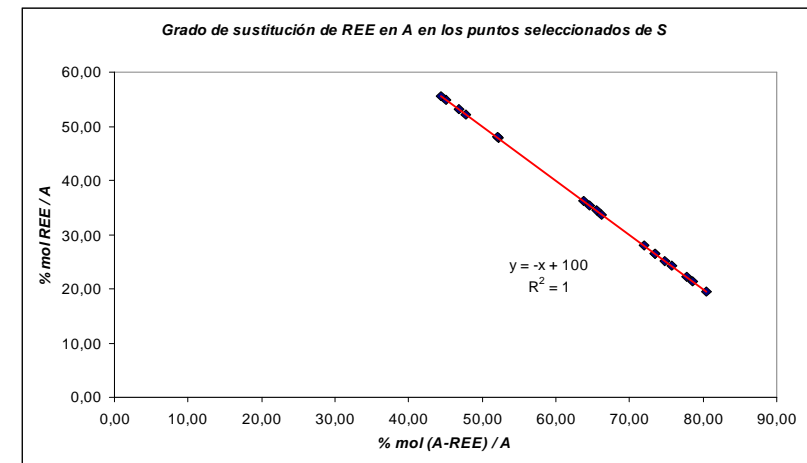
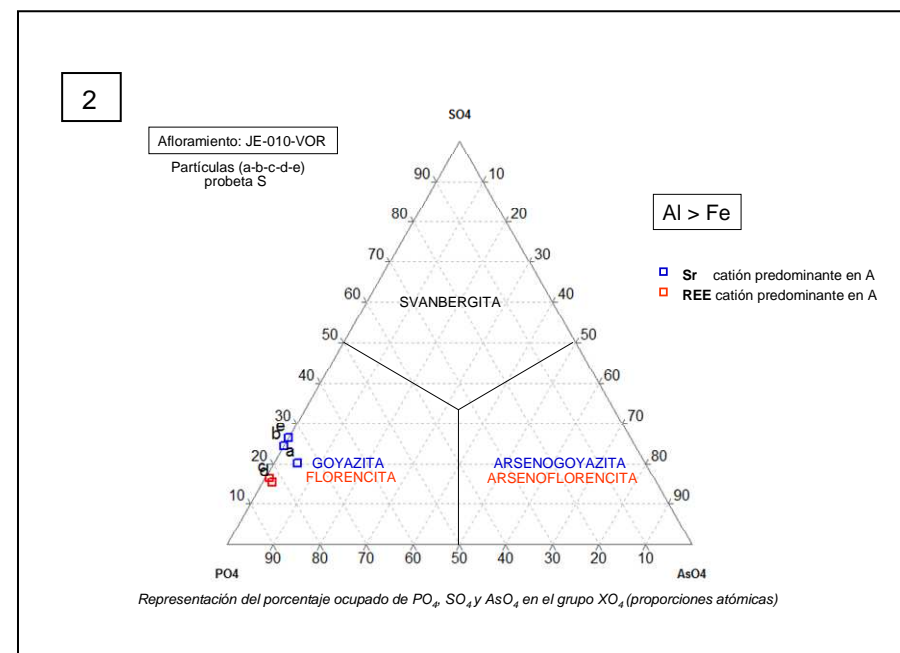
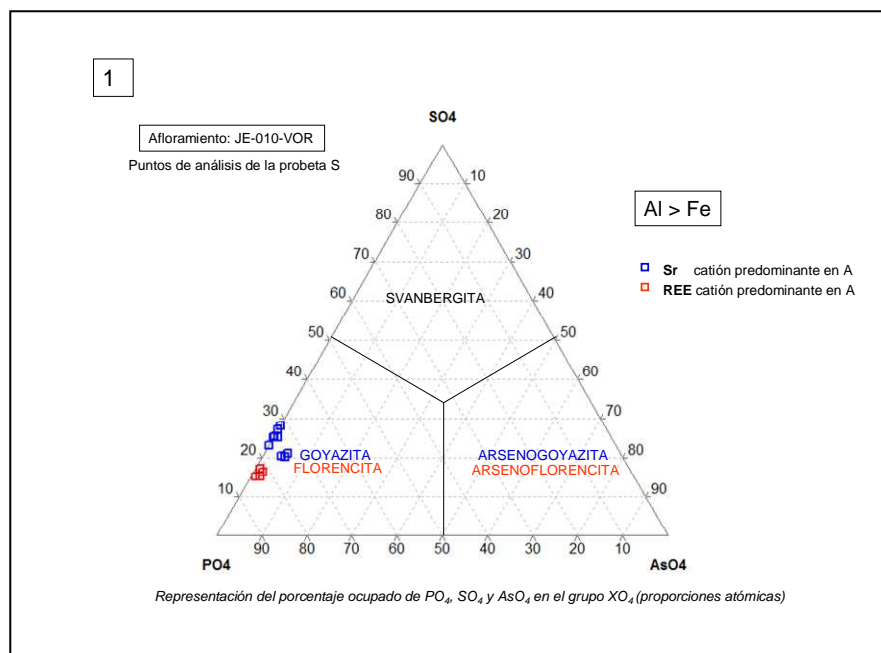


Fig.54: Distribución puntos (%mol (A-REE)/A,%mol REE/A) con perfecta tendencia lineal

Clasificación mineralógica para cada punto y a nivel de partícula de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999)

| | Partículas | a | b | c | d | e |
|--------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % SO ₄ | Promedios | 20,66 | 24,79 | 16,40 | 15,89 | 26,63 |
| % PO ₄ | | 74,08 | 74,44 | 81,96 | 81,83 | 72,80 |
| % AsO ₄ | | 5,25 | 0,77 | 1,64 | 2,28 | 0,57 |
| Predominio | | Sr | Sr | REE | REE | Sr |

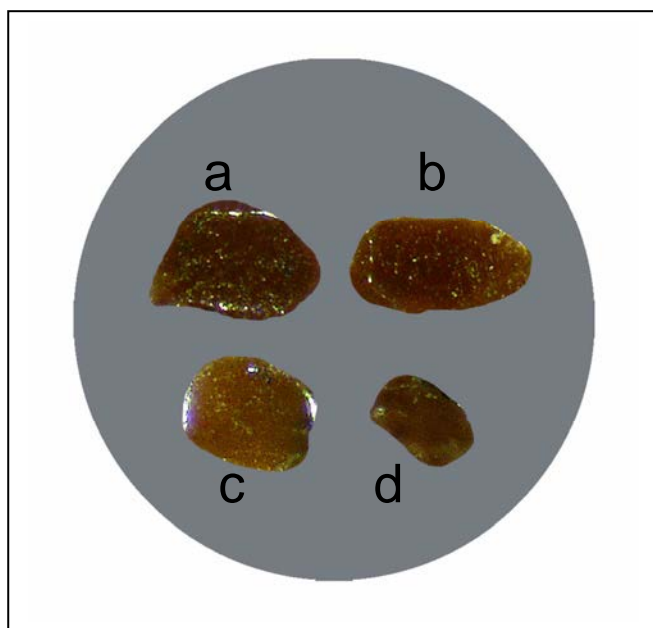
| Punto | S-2.1 | S-2.2 | S-2.3 | S-2.4 | S-6.1 | S-6.2 | S-6.3 | S-6.4 | S-7.1 | S-7.2 | S-9.1 | S-9.2 | S-9.3 | S-9.4 | S-12.1 | S-12.2 | S-12.3 | S-12.4 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| % SO ₄ | 21,54 | 20,47 | 20,14 | 20,50 | 25,46 | 25,20 | 25,44 | 23,05 | 17,79 | 15,00 | 16,85 | 15,21 | 15,67 | 15,83 | 27,36 | 28,17 | 25,76 | 25,23 |
| % PO ₄ | 73,02 | 74,92 | 74,29 | 74,12 | 73,53 | 74,24 | 73,53 | 76,45 | 80,35 | 83,57 | 80,69 | 82,22 | 81,49 | 82,93 | 72,31 | 71,17 | 73,85 | 73,88 |
| % AsO ₄ | 5,44 | 4,61 | 5,57 | 5,39 | 1,00 | 0,56 | 1,02 | 0,50 | 1,86 | 1,42 | 2,47 | 2,58 | 2,83 | 1,24 | 0,33 | 0,66 | 0,40 | 0,89 |
| Predominio | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | REE | REE | REE | REE | REE | REE | Sr | Sr | Sr | Sr |



1 - Los puntos (S-2.1 a S-2.4) / (S-6.1 a S-6.4) y (S-12.1 a S-12.4) con predominio de Sr en A corresponden a **goyazita**. Los puntos (S-7.1 a S-7.2) y (S-9.1 a S-9.4) con predominio de REE en A y mayor proporción de lantano a **florencita (La)**.

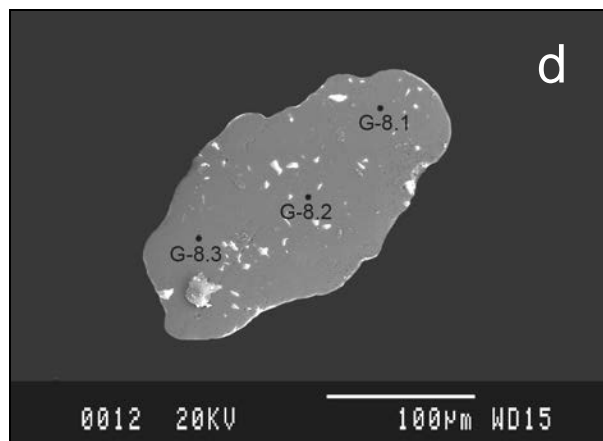
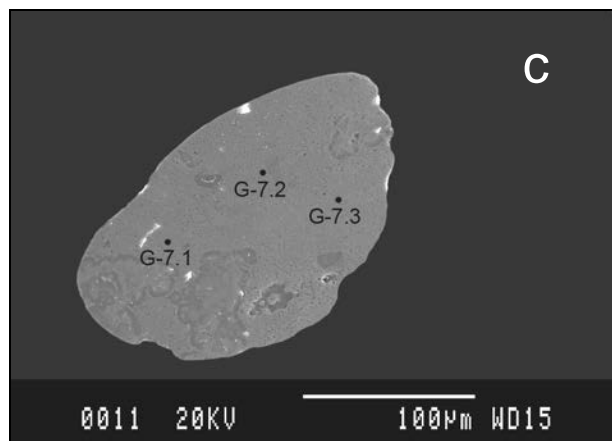
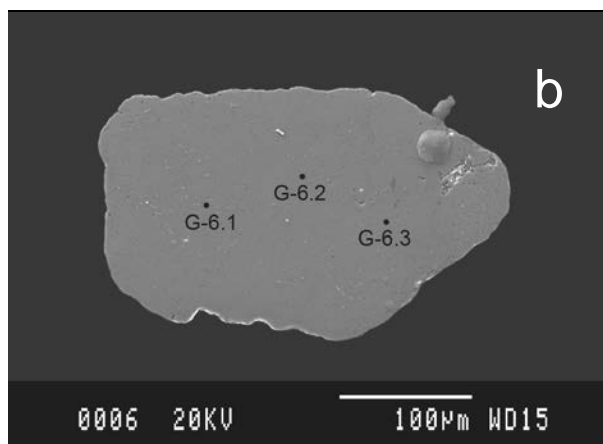
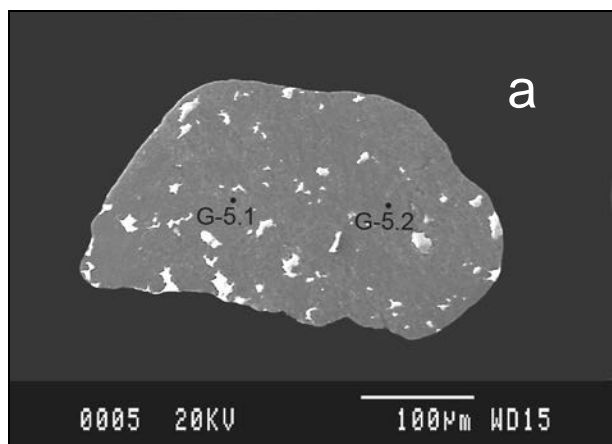
2 - A nivel de partícula, (a-b-e) corresponden a **goyazita** y (c-d) a **florencita (La)**.

Probeta G4 (afloramiento JE-010-AP)



*Partículas seleccionadas de la probeta G4
 Afloramiento JE-010-AP
 Can Regata de Baix
 Mioceno*

| Probeta G4 | | | | | |
|------------------------------------|----------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|
| Afloramiento | nº part | Puntos de análisis en cada partícula | | | |
| | | a | b | c | d |
| JE-010-AP Can Regata Mioceno | 4 (a,b,c,d) | G-5.1 | G-6.1 | G-7.1 | G-8.1 |
| | | G-5.2 | G-6.2 | G-7.2 | G-8.2 |
| | | | G-6.3 | G-7.3 | G-8.3 |



Afloramiento: **JE-010-AP** (Mioceno): UTMX: 391081E, UTMY: 4591896N
Can Regata de Baix
Muestras: Probeta G4: 4 partículas (a-b-c-d) - Puntos de análisis seleccionados: 11
Método de análisis: **EMPA**
Elementos analizados: **F, Al, Si, P, S, K, Ca, Fe, As, Sr, Ba, La, Ce, Pr, Nd, Gd.**

Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula expresada en A%

| Partícula | Punto | O A% | F A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | K A% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | Ba A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | Gd A% | Totales |
|-----------|-------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| a | G-5.1 | 64,07 | 0,00 | 17,35 | 1,24 | 3,69 | 6,03 | 2,07 | 0,41 | 2,53 | 0,07 | 1,87 | 0,08 | 0,13 | 0,29 | 0,03 | 0,11 | 0,02 | 100,0 |
| | G-5.2 | 64,47 | 0,05 | 17,77 | 0,59 | 4,19 | 6,55 | 1,25 | 2,38 | 0,93 | 0,10 | 1,43 | 0,06 | 0,05 | 0,14 | 0,00 | 0,04 | 0,02 | 100,0 |
| b | G-6.1 | 63,86 | 0,54 | 18,03 | 0,37 | 8,85 | 2,12 | 0,05 | 0,97 | 0,15 | 0,01 | 3,01 | 0,01 | 0,47 | 1,04 | 0,07 | 0,35 | 0,10 | 100,0 |
| | G-6.2 | 63,94 | 0,34 | 18,14 | 0,31 | 8,59 | 2,28 | 0,03 | 0,95 | 0,42 | 0,02 | 2,93 | 0,06 | 0,46 | 1,04 | 0,10 | 0,31 | 0,09 | 100,0 |
| | G-6.3 | 63,98 | 0,29 | 18,28 | 0,45 | 8,55 | 2,29 | 0,07 | 0,86 | 0,24 | 0,03 | 2,93 | 0,03 | 0,45 | 1,06 | 0,06 | 0,34 | 0,08 | 100,0 |
| c | G-7.1 | 64,19 | 0,41 | 18,20 | 0,42 | 7,71 | 3,37 | 0,29 | 1,14 | 0,15 | 0,02 | 2,45 | 0,05 | 0,38 | 0,71 | 0,10 | 0,37 | 0,05 | 100,0 |
| | G-7.2 | 64,07 | 0,34 | 17,41 | 1,72 | 7,22 | 3,11 | 0,48 | 1,23 | 0,66 | 0,03 | 2,32 | 0,02 | 0,33 | 0,61 | 0,07 | 0,30 | 0,07 | 100,0 |
| | G-7.3 | 64,37 | 0,15 | 17,61 | 1,02 | 7,66 | 3,31 | 0,35 | 1,16 | 0,56 | 0,05 | 2,33 | 0,05 | 0,32 | 0,62 | 0,08 | 0,34 | 0,04 | 100,0 |
| d | G-8.1 | 63,84 | 0,78 | 17,76 | 0,31 | 8,81 | 2,07 | 0,08 | 1,64 | 0,48 | 0,02 | 1,59 | 0,04 | 0,81 | 1,22 | 0,09 | 0,34 | 0,12 | 100,0 |
| | G-8.2 | 63,84 | 0,65 | 17,83 | 0,20 | 8,99 | 1,94 | 0,08 | 1,64 | 0,40 | 0,02 | 1,75 | 0,02 | 0,80 | 1,30 | 0,10 | 0,36 | 0,11 | 100,0 |
| | G-8.3 | 63,77 | 1,02 | 18,08 | 0,48 | 8,74 | 2,06 | 0,10 | 1,38 | 0,06 | 0,02 | 1,66 | 0,06 | 0,81 | 1,23 | 0,12 | 0,31 | 0,11 | 100,0 |
| a | Prom | 64,27 | 0,02 | 17,56 | 0,92 | 3,94 | 6,29 | 1,66 | 1,40 | 1,73 | 0,08 | 1,65 | 0,07 | 0,09 | 0,21 | 0,02 | 0,07 | 0,02 | 100,0 |
| b | | 63,93 | 0,39 | 18,15 | 0,38 | 8,66 | 2,23 | 0,05 | 0,93 | 0,27 | 0,02 | 2,96 | 0,03 | 0,46 | 1,05 | 0,08 | 0,33 | 0,09 | 100,0 |
| c | | 64,21 | 0,30 | 17,74 | 1,05 | 7,53 | 3,27 | 0,37 | 1,18 | 0,45 | 0,03 | 2,37 | 0,04 | 0,34 | 0,64 | 0,08 | 0,34 | 0,06 | 100,0 |
| d | | 63,81 | 0,81 | 17,89 | 0,33 | 8,84 | 2,02 | 0,09 | 1,55 | 0,31 | 0,02 | 1,67 | 0,04 | 0,81 | 1,25 | 0,10 | 0,34 | 0,12 | 100,0 |

Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula en porcentajes en peso de óxidos (*)

| Partícula | Punto | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% | W% |
|-----------|-------|-------------|--------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------|-------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------|--------------|
| | | F | O%F | Al ₂ O ₃ | Si O ₂ | P ₂ O ₅ | S O ₃ | K ₂ O | Ca O | Fe ₂ O ₃ | As ₂ O ₅ | Sr O | Ba O | La ₂ O ₃ | Ce ₂ O ₃ | Pr ₂ O ₃ | Nd ₂ O ₃ | Gd ₂ O ₃ | H ₂ O | Total |
| a | G-5.1 | 0,00 | 0,00 | 34,73 | 2,93 | 10,29 | 18,95 | 3,83 | 0,90 | 7,92 | 0,31 | 7,68 | 0,46 | 0,82 | 1,85 | 0,21 | 0,72 | 0,14 | 8,27 | 100,0 |
| | G-5.2 | 0,04 | -0,02 | 36,51 | 1,43 | 11,98 | 21,15 | 2,37 | 5,39 | 2,99 | 0,44 | 5,96 | 0,39 | 0,33 | 0,91 | 0,00 | 0,26 | 0,12 | 9,75 | 100,0 |
| b | G-6.1 | 0,36 | -0,15 | 32,24 | 0,77 | 22,04 | 5,97 | 0,08 | 1,90 | 0,43 | 0,05 | 10,95 | 0,03 | 2,69 | 5,97 | 0,42 | 2,06 | 0,65 | 13,54 | 100,0 |
| | G-6.2 | 0,22 | -0,09 | 31,99 | 0,64 | 21,10 | 6,29 | 0,05 | 1,85 | 1,16 | 0,08 | 10,50 | 0,32 | 2,57 | 5,93 | 0,55 | 1,78 | 0,55 | 14,51 | 100,0 |
| | G-6.3 | 0,19 | -0,08 | 32,44 | 0,94 | 21,13 | 6,37 | 0,11 | 1,68 | 0,67 | 0,11 | 10,58 | 0,18 | 2,58 | 6,08 | 0,35 | 1,96 | 0,48 | 14,23 | 100,0 |
| c | G-7.1 | 0,29 | -0,12 | 34,20 | 0,92 | 20,16 | 9,96 | 0,51 | 2,35 | 0,43 | 0,09 | 9,37 | 0,30 | 2,29 | 4,26 | 0,59 | 2,27 | 0,32 | 11,81 | 100,0 |
| | G-7.2 | 0,23 | -0,10 | 32,39 | 3,76 | 18,70 | 9,09 | 0,82 | 2,52 | 1,92 | 0,14 | 8,76 | 0,13 | 1,98 | 3,63 | 0,41 | 1,85 | 0,48 | 13,28 | 100,0 |
| | G-7.3 | 0,11 | -0,05 | 33,31 | 2,27 | 20,16 | 9,84 | 0,60 | 2,42 | 1,64 | 0,21 | 8,94 | 0,28 | 1,91 | 3,76 | 0,50 | 2,13 | 0,30 | 11,64 | 100,0 |
| d | G-8.1 | 0,52 | -0,22 | 32,18 | 0,66 | 22,20 | 5,89 | 0,14 | 3,26 | 1,36 | 0,09 | 5,85 | 0,23 | 4,69 | 7,12 | 0,50 | 2,02 | 0,81 | 12,68 | 100,0 |
| | G-8.2 | 0,44 | -0,19 | 32,42 | 0,43 | 22,75 | 5,54 | 0,13 | 3,27 | 1,13 | 0,08 | 6,46 | 0,10 | 4,67 | 7,61 | 0,56 | 2,15 | 0,74 | 11,70 | 100,0 |
| | G-8.3 | 0,69 | -0,29 | 32,99 | 1,05 | 22,20 | 5,89 | 0,18 | 2,76 | 0,17 | 0,09 | 6,16 | 0,31 | 4,71 | 7,19 | 0,71 | 1,88 | 0,73 | 12,57 | 100,0 |
| a | Prom | 0,02 | -0,01 | 35,62 | 2,18 | 11,14 | 20,05 | 3,10 | 3,14 | 5,45 | 0,38 | 6,82 | 0,42 | 0,57 | 1,38 | 0,11 | 0,49 | 0,13 | 9,01 | 100,0 |
| b | | 0,26 | -0,11 | 32,22 | 0,78 | 21,42 | 6,21 | 0,08 | 1,81 | 0,75 | 0,08 | 10,68 | 0,18 | 2,61 | 5,99 | 0,44 | 1,94 | 0,56 | 14,09 | 100,0 |
| c | | 0,21 | -0,09 | 33,30 | 2,32 | 19,68 | 9,63 | 0,64 | 2,43 | 1,33 | 0,15 | 9,02 | 0,24 | 2,06 | 3,88 | 0,50 | 2,09 | 0,37 | 12,24 | 100,0 |
| d | | 0,55 | -0,23 | 32,53 | 0,71 | 22,39 | 5,78 | 0,15 | 3,10 | 0,89 | 0,09 | 6,16 | 0,22 | 4,69 | 7,31 | 0,59 | 2,01 | 0,76 | 12,31 | 100,0 |

(*) porcentajes de H₂O calculados por diferencia

Cálculo del % mol que ocupa cada elemento en su fracción de la fórmula general

Cálculo del elemento predominante en el sitio A (en A%)



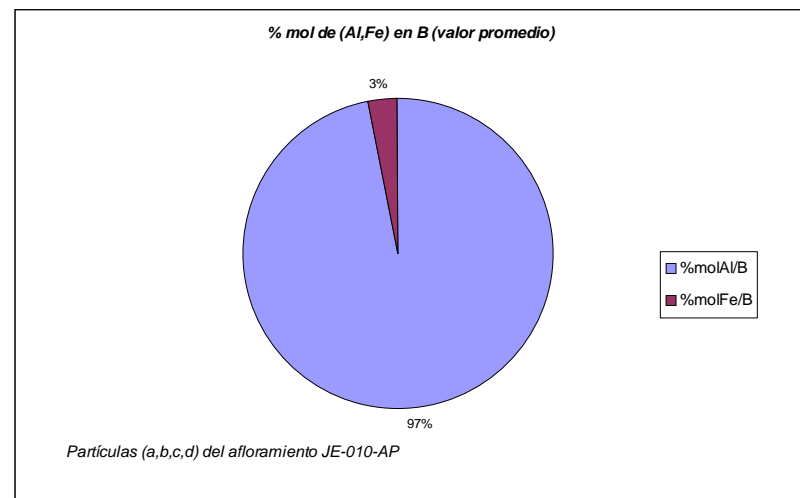
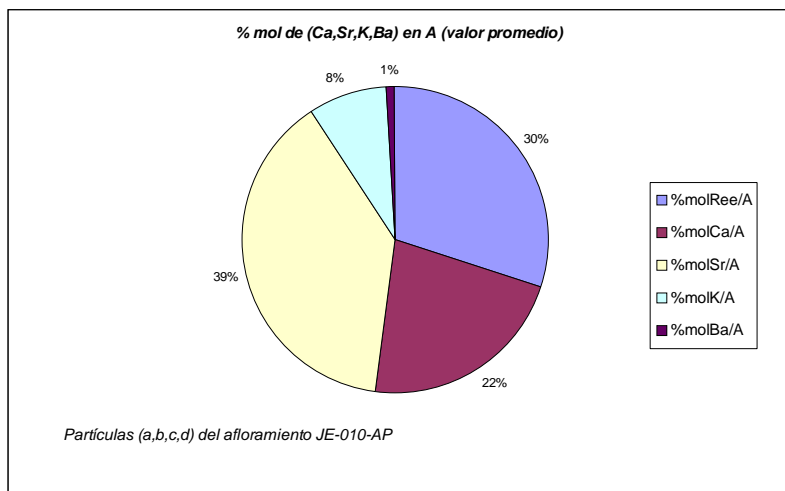
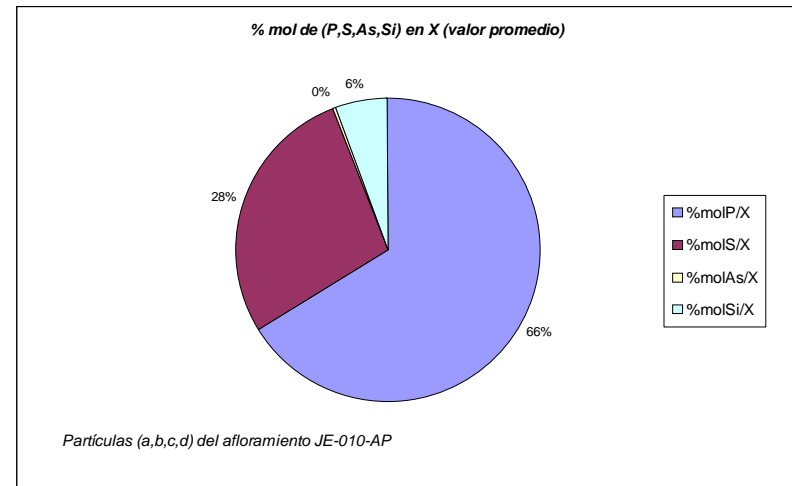
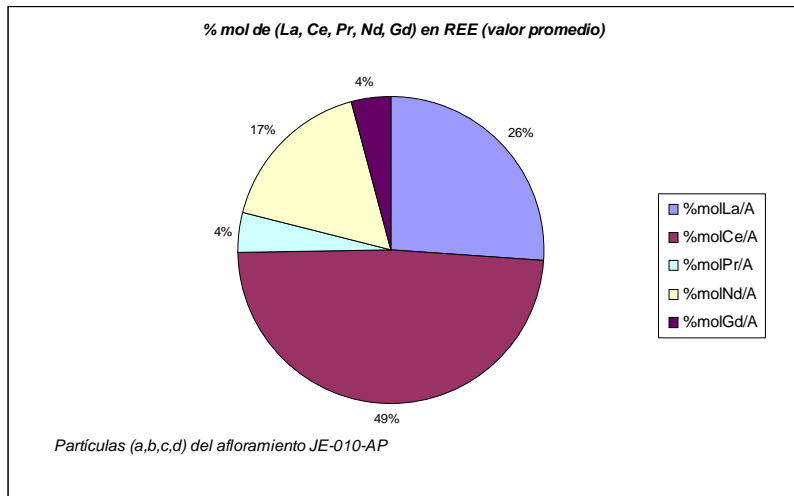
Sr

REE

Ca

| Puntos | % mol | | | | | | | | | | | | | | | | | A% | |
|--------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|---------|
| | P/X | S/T | As/T | Si/T | Al/B | Fe/B | Ca/A | Sr/A | K/A | Ba/A | La/A | Ce/A | Pr/A | Nd/A | Gd/A | REE/A | (A-REE)/A | (Sr-REE) | (Sr-Ca) |
| G-5.1 | 33,46 | 54,68 | 0,62 | 11,25 | 87,29 | 12,71 | 8,16 | 37,34 | 41,44 | 1,54 | 2,56 | 5,72 | 0,66 | 2,18 | 0,40 | 11,52 | 88,48 | 1,29 | 1,459 |
| G-5.2 | 36,67 | 57,33 | 0,85 | 5,16 | 95,03 | 4,97 | 44,42 | 26,63 | 23,26 | 1,17 | 0,93 | 2,57 | 0,00 | 0,71 | 0,30 | 4,51 | 95,49 | 1,19 | -0,954 |
| G-6.1 | 77,95 | 18,71 | 0,11 | 3,22 | 99,16 | 0,84 | 15,97 | 49,66 | 0,79 | 0,08 | 7,74 | 17,10 | 1,20 | 5,77 | 1,68 | 33,50 | 66,50 | 0,98 | 2,045 |
| G-6.2 | 76,74 | 20,31 | 0,16 | 2,79 | 97,73 | 2,27 | 15,98 | 49,09 | 0,55 | 1,01 | 7,64 | 17,49 | 1,63 | 5,14 | 1,47 | 33,37 | 66,63 | 0,94 | 1,976 |
| G-6.3 | 75,54 | 20,21 | 0,25 | 4,00 | 98,69 | 1,31 | 14,62 | 49,83 | 1,15 | 0,58 | 7,71 | 18,05 | 1,05 | 5,69 | 1,31 | 33,81 | 66,19 | 0,94 | 2,073 |
| G-7.1 | 66,92 | 29,28 | 0,19 | 3,60 | 99,19 | 0,81 | 20,54 | 44,33 | 5,23 | 0,96 | 6,89 | 12,76 | 1,75 | 6,65 | 0,89 | 28,95 | 71,05 | 0,85 | 1,316 |
| G-7.2 | 59,76 | 25,76 | 0,26 | 14,21 | 96,37 | 3,63 | 22,68 | 42,63 | 8,82 | 0,44 | 6,14 | 11,14 | 1,25 | 5,55 | 1,34 | 25,42 | 74,58 | 0,94 | 1,085 |
| G-7.3 | 63,63 | 27,52 | 0,41 | 8,45 | 96,94 | 3,06 | 21,99 | 44,03 | 6,55 | 0,95 | 5,98 | 11,67 | 1,55 | 6,45 | 0,83 | 26,49 | 73,51 | 0,93 | 1,165 |
| G-8.1 | 78,58 | 18,47 | 0,21 | 2,75 | 97,36 | 2,64 | 27,58 | 26,81 | 1,42 | 0,71 | 13,67 | 20,60 | 1,43 | 5,68 | 2,09 | 43,48 | 56,52 | -0,99 | -0,046 |
| G-8.2 | 80,61 | 17,41 | 0,16 | 1,82 | 97,83 | 2,17 | 26,62 | 28,41 | 1,25 | 0,31 | 13,04 | 21,16 | 1,54 | 5,81 | 1,85 | 43,41 | 56,59 | -0,92 | 0,110 |
| G-8.3 | 77,34 | 18,20 | 0,19 | 4,27 | 99,67 | 0,33 | 23,81 | 28,76 | 1,80 | 0,97 | 14,01 | 21,21 | 2,08 | 5,40 | 1,96 | 44,66 | 55,34 | -0,92 | 0,286 |
| | 66,11 | 27,99 | 0,31 | 5,59 | 96,84 | 3,16 | 22,03 | 38,87 | 8,39 | 0,79 | 7,85 | 14,50 | 1,29 | 5,00 | 1,28 | 29,92 | 70,08 | ← Promedio | |
| | 16,00 | 13,76 | 0,22 | 3,80 | 3,29 | 3,29 | 8,94 | 9,15 | 12,22 | 0,40 | 4,07 | 6,00 | 0,54 | 1,75 | 0,58 | 12,21 | 12,21 | ← Desvest | |

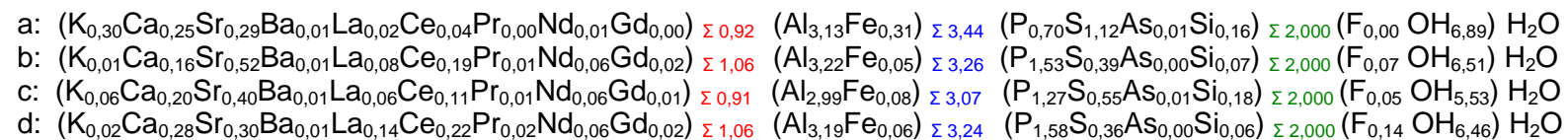
Gráficos circulares donde se representa para el conjunto de las partículas seleccionadas de G4 (afloramiento JE-010-AP) el porcentaje del % mol (valor promedio) de cada uno de los elementos que conforman los sitios X, B y A de la fórmula general.



Composición química a nivel de punto de análisis y del promedio de cada partícula (nº átomos por formula unitaria en base a X=2)

| Partícula | Punto | F | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|
| a | G-5.1 | 0,00 | 0,67 | 1,09 | 0,01 | 0,22 | 3,15 | 0,46 | 0,38 | 0,07 | 0,34 | 0,01 | 0,02 | 0,05 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,91 | 3,60 | 2,00 | 7,22 |
| | G-5.2 | 0,01 | 0,73 | 1,15 | 0,02 | 0,10 | 3,11 | 0,16 | 0,22 | 0,42 | 0,25 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,94 | 3,27 | 2,00 | 6,56 |
| b | G-6.1 | 0,09 | 1,56 | 0,37 | 0,00 | 0,06 | 3,18 | 0,03 | 0,01 | 0,17 | 0,53 | 0,00 | 0,08 | 0,18 | 0,01 | 0,06 | 0,02 | 1,07 | 3,20 | 2,00 | 6,31 |
| | G-6.2 | 0,06 | 1,53 | 0,41 | 0,00 | 0,06 | 3,24 | 0,08 | 0,01 | 0,17 | 0,52 | 0,01 | 0,08 | 0,19 | 0,02 | 0,05 | 0,02 | 1,07 | 3,31 | 2,00 | 6,72 |
| | G-6.3 | 0,05 | 1,51 | 0,40 | 0,00 | 0,08 | 3,23 | 0,04 | 0,01 | 0,15 | 0,52 | 0,01 | 0,08 | 0,19 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 1,04 | 3,27 | 2,00 | 6,52 |
| c | G-7.1 | 0,07 | 1,34 | 0,59 | 0,00 | 0,07 | 3,16 | 0,03 | 0,05 | 0,20 | 0,43 | 0,01 | 0,07 | 0,12 | 0,02 | 0,06 | 0,01 | 0,96 | 3,19 | 2,00 | 6,15 |
| | G-7.2 | 0,06 | 1,20 | 0,52 | 0,01 | 0,28 | 2,88 | 0,11 | 0,08 | 0,20 | 0,38 | 0,00 | 0,06 | 0,10 | 0,01 | 0,05 | 0,01 | 0,90 | 2,99 | 2,00 | 5,09 |
| | G-7.3 | 0,02 | 1,27 | 0,55 | 0,01 | 0,17 | 2,93 | 0,09 | 0,06 | 0,19 | 0,39 | 0,01 | 0,05 | 0,10 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,88 | 3,02 | 2,00 | 5,35 |
| d | G-8.1 | 0,14 | 1,57 | 0,37 | 0,00 | 0,05 | 3,17 | 0,09 | 0,01 | 0,29 | 0,28 | 0,01 | 0,14 | 0,22 | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 1,06 | 3,26 | 2,00 | 6,50 |
| | G-8.2 | 0,12 | 1,61 | 0,35 | 0,00 | 0,04 | 3,20 | 0,07 | 0,01 | 0,29 | 0,31 | 0,00 | 0,14 | 0,23 | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 1,10 | 3,27 | 2,00 | 6,68 |
| | G-8.3 | 0,18 | 1,55 | 0,36 | 0,00 | 0,09 | 3,20 | 0,01 | 0,02 | 0,24 | 0,29 | 0,01 | 0,14 | 0,22 | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 1,02 | 3,21 | 2,00 | 6,21 |
| a | Promedio | 0,00 | 0,70 | 1,12 | 0,01 | 0,16 | 3,13 | 0,31 | 0,30 | 0,25 | 0,29 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,92 | 3,44 | 2,00 | 6,89 |
| b | | 0,07 | 1,53 | 0,39 | 0,00 | 0,07 | 3,22 | 0,05 | 0,01 | 0,16 | 0,52 | 0,01 | 0,08 | 0,19 | 0,01 | 0,06 | 0,02 | 1,06 | 3,26 | 2,00 | 6,51 |
| c | | 0,05 | 1,27 | 0,55 | 0,01 | 0,18 | 2,99 | 0,08 | 0,06 | 0,20 | 0,40 | 0,01 | 0,06 | 0,11 | 0,01 | 0,06 | 0,01 | 0,91 | 3,07 | 2,00 | 5,53 |
| d | | 0,14 | 1,58 | 0,36 | 0,00 | 0,06 | 3,19 | 0,06 | 0,02 | 0,28 | 0,30 | 0,01 | 0,14 | 0,22 | 0,02 | 0,06 | 0,02 | 1,06 | 3,24 | 2,00 | 6,46 |

Fórmulas estructurales que se deducen de los valores promedio de cada partícula



Gráficos de dispersión donde se comparan los valores obtenidos de % mol REE/A con los de (% mol P/X, %mol S/X, %mol As/X), (% mol Sr/A, % mol Ca/A, % mol K/A,% mol Ba) y % mol (A-REE)/A. Se han elaborado para observar el posible grado de sustitución y su línea de tendencia. (Figuras 55 a 62).

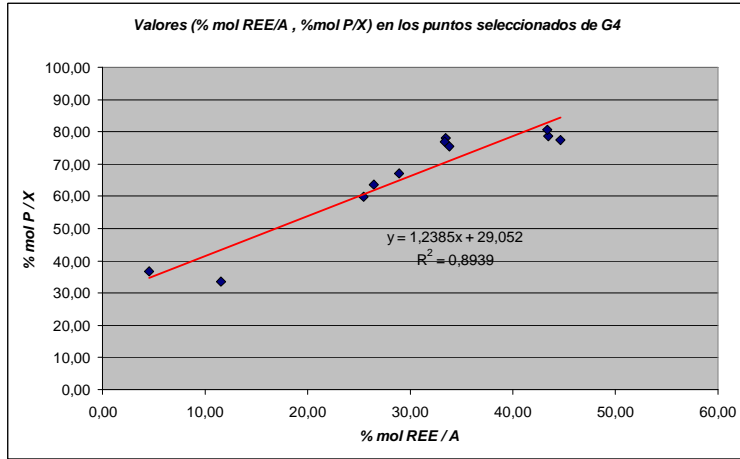


Fig.55: Puntos con tendencia lineal: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol P/X)

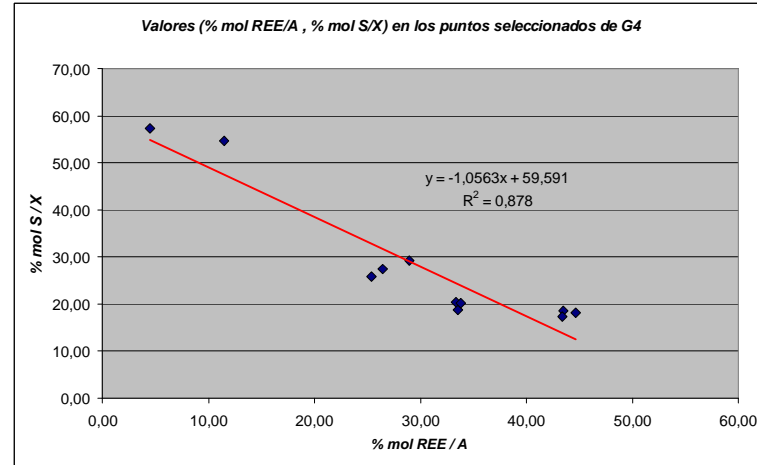


Fig.56: Puntos con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol S/X)

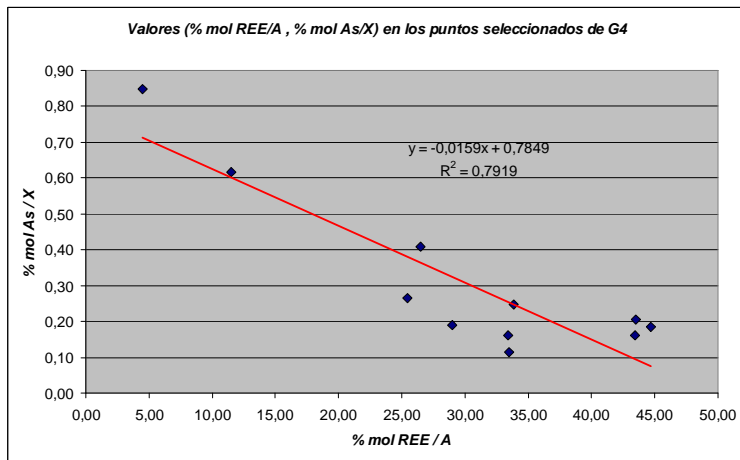


Fig.57: Puntos con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol As/X)

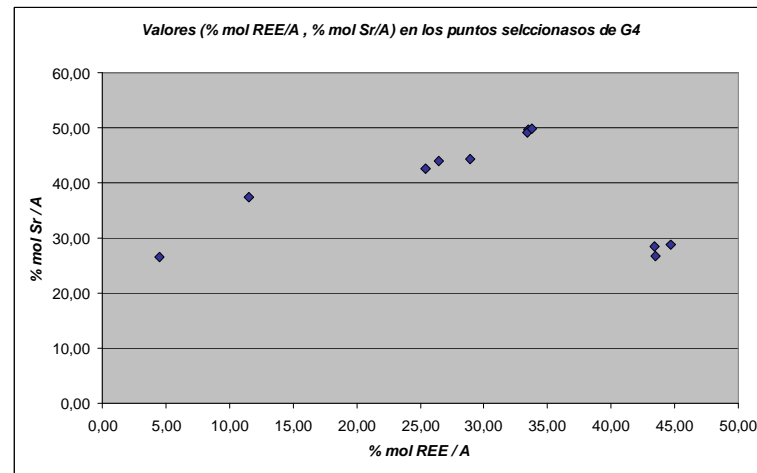


Fig.58: Distribución puntos (%mol REE/A,%mol Sr/A) sin tendencia apreciable

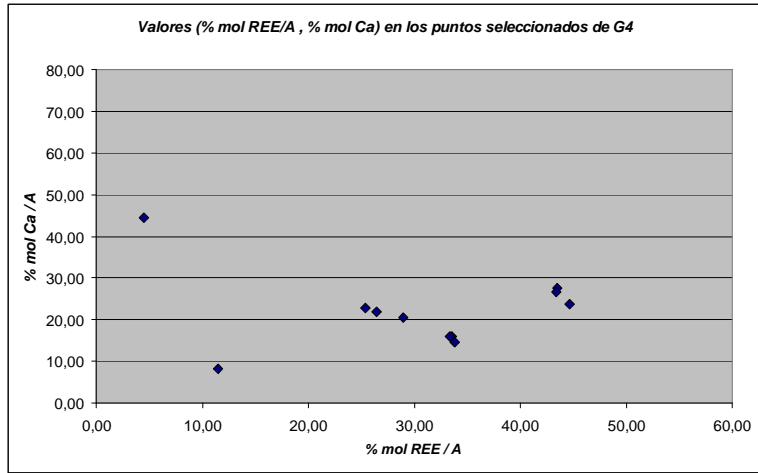


Fig.59: Distribución puntos (%mol REE/A,%mol Ca/A) sin tendencia apreciable

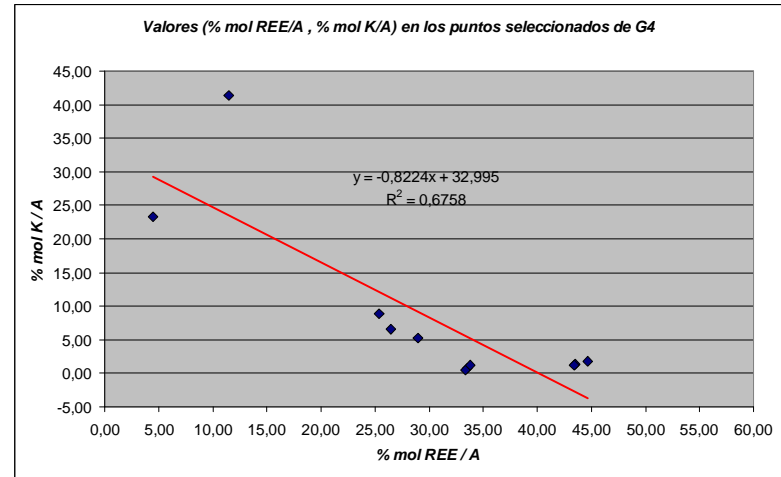


Fig.60: Puntos con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol K/A)

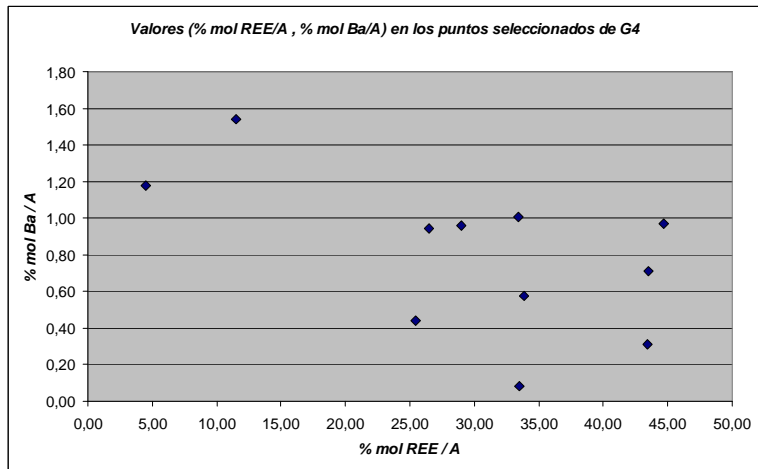


Fig.61: Distribución puntos (%mol REE/A,%mol Ba/A) sin tendencia apreciable

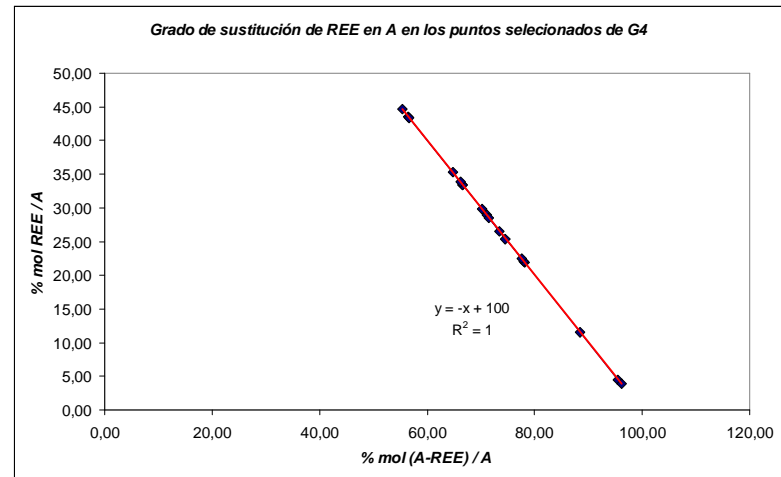
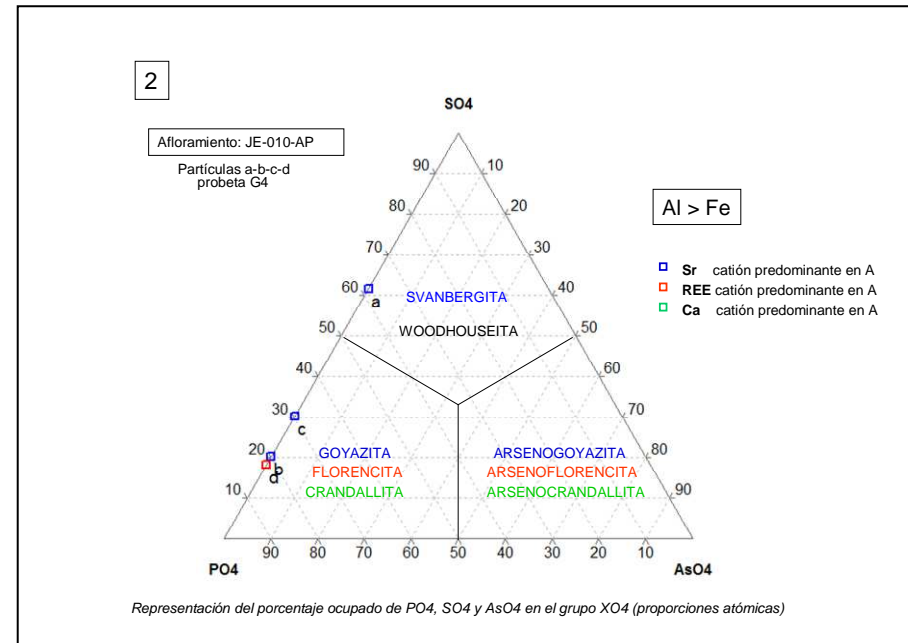
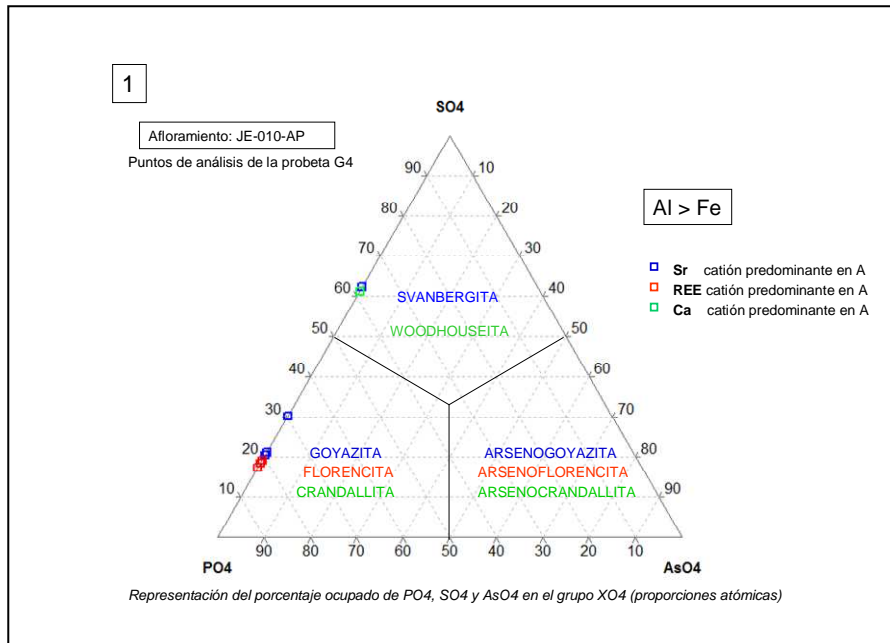


Fig. 62: Distribución puntos (%mol (A-REE)/A,%mol REE/A) con perfecta tendencia lineal

Clasificación mineralógica para cada punto y a nivel de partícula, de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999)

| Punto | G-5.1 | G-5.2 | G-6.1 | G-6.2 | G-6.3 | G-7.1 | G-7.2 | G-7.3 | G-8.1 | G-8.2 | G-8.3 |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % SO ₄ | 61,61 | 60,44 | 19,33 | 20,90 | 21,05 | 30,38 | 30,03 | 30,06 | 18,99 | 17,73 | 19,01 |
| % PO ₄ | 37,70 | 38,66 | 80,55 | 78,94 | 78,69 | 69,42 | 69,67 | 69,50 | 80,80 | 82,11 | 80,79 |
| % AsO ₄ | 0,69 | 0,90 | 0,12 | 0,17 | 0,26 | 0,20 | 0,31 | 0,44 | 0,21 | 0,16 | 0,19 |
| Predominio | Sr | Ca | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | Sr | REE | REE | REE |

| | Partículas | a | b | c | d |
|--------------------|------------|-------|-------|-------|-------|
| % SO ₄ | | 61,03 | 20,43 | 30,15 | 18,58 |
| % PO ₄ | Promedios | 38,18 | 79,39 | 69,53 | 81,23 |
| % AsO ₄ | | 0,79 | 0,18 | 0,32 | 0,19 |
| Predominio | | Sr | Sr | Sr | REE |



1 - Los puntos (G-6.1 a G-7.3) con predominio de Sr en A corresponden a **goyazita**. Los puntos (G-8.1 a G-8.3) con predominio de REE en A y mayor proporción de cerio a **florencita** (Ce). El punto G-5.2 con predominio de Ca en A y SO₄>PO₄ corresponde a **Woodhouseita**. El punto G-5.1, aunque con una proporción elevada de K en A, con predominio de Sr y SO₄>PO₄ correspondería a **svanvergita**.

2 - A nivel de partícula, (b-c) corresponden a **goyazita**, (a) **svambergita** y (d) **florencita** (Ce).

Comentarios a los resultados de los análisis químicos obtenidos por EDS y EMPA

Quimismo

- En el sitio A de la fórmula general: **Na, K, Ca, Ba, Sr y REE**. Ocasionalmente pequeñas cantidades de Mg y Pb. El predominio ha sido mayoritariamente de **Sr y REE**, aunque, con alguna presencia destacable de **Ca**.
- En el sitio B de la fórmula general: **Al** en proporciones siempre muy superiores a **Fe**.
- En el sitio X de la fórmula general: El grupo **PO₄²⁻**, predomina sobre **SO₄²⁻** con alguna excepción puntual. El grupo **AsO₄²⁻** es minoritario.
- El fluor, entra en composición en pequeñas cantidades que a veces no son detectables.
- La presencia de Mg, así como ciertos valores anómalos de Fe, Si y Al son debidas a pequeñas inclusiones de otros minerales (illitas, cuarzo, fK, hematites..) que acompañan a la partícula y que quedan en parte abarcadas por el haz de acción del EDS o del EMPA contaminando el análisis.
- La diversidad de composiciones químicas registradas por los APS es esencialmente debida a la sustitución de Sr por tierras raras ligeras y de azufre por fósforo, respectivamente en los sitios A y X. Las variaciones afectan a la proporción relativa de los polos puros svanbergita, goyazita y florencita.
- La Goyazita forma series de solución sólida con la Gorceixita y con la Crandallita.
- La Svanbergita forma una serie de solución sólida con la Woodhouseita, mediante una sustitución gradual del estroncio por calcio.
- Las tierras raras pueden sustituir al Sr en ambas series anteriores.
- Las partículas analizadas en nuestra zona (mayoritariamente con PO₄>SO₄) corresponden a Goyazita o Florencita en función del grado de sustitución de Sr por las REE. También, y de forma muy puntual, se presentan partículas de Crandallita, Svanbergita y Wooghuseita.

Gráficos de dispersión

Se comparan:

1 - Los valores de% (mol REE/A) con los de (% mol P/X, % mol S/X, % mol As/X), (% mol Sr/A, % mol Ca/A, % mol K/A, % mol Ba/A) y % mol (A-REE)/A, obtenidos en los análisis de la probetas para observar el posible grado de sustitución de las REE en cada uno de los sitios (ver los gráficos en los capítulos correspondientes a cada probeta).

Como resultados se observa que las REE mantienen con respecto al Sr una clara tendencia lineal de relación inversa en casi todas las muestras. A medida que disminuye la cantidad de estroncio aumenta la de tierras raras. Igual sucede con el calcio de forma mayoritaria, también con el azufre y de forma inversa con el fósforo.

2- Para obtener una visión más completa, de han confeccionado nuevos gráficos de dispersión utilizando como valores los promedios A% de todas las partículas de cada afloramiento.

Los valores que se han utilizado quedan reflejados en las *tablas 11 y 12.*, que se exponen a continuación y en las *Figs. 63 a 70.*

Tabla 11: Contenidos en A% de los elementos del sitio X para cada partícula y el promedio de todas ellas para cada probeta.

| Afloramiento | Probeta | Partículas | Contenido de P, S, As, Si, F (A%) en cada partícula | | | | |
|--------------|-----------|------------|---|------|------|------|------|
| | | | P | S | As | Si | F |
| JE-004-VOC | G-01 | a | 6,93 | 3,42 | 3,01 | 0,28 | 0,00 |
| | | b | 9,11 | 1,80 | 2,41 | 0,13 | 0,00 |
| | | c | 8,74 | 2,70 | 3,50 | 0,38 | 0,00 |
| | | d | 7,85 | 2,48 | 1,39 | 0,67 | 0,00 |
| | Prom G-01 | | 8,16 | 2,60 | 2,58 | 0,37 | 0,00 |
| JE-006-AN | G-02a | a | 8,74 | 2,20 | 0,10 | 0,14 | 0,00 |
| | | b | 8,41 | 2,06 | 0,04 | 0,11 | 0,00 |
| | | c | 8,39 | 3,24 | 0,02 | 0,06 | 0,00 |
| | | d | 8,53 | 2,39 | 0,06 | 0,12 | 0,00 |
| | e | 9,48 | 1,21 | 0,02 | 0,13 | 0,00 | |
| Prom G-02a | | 8,71 | 2,22 | 0,05 | 0,11 | 0,00 | |
| JE-007-VOR | G-02b | a | 6,34 | 3,23 | 0,03 | 3,58 | 3,19 |
| | | b | 8,02 | 2,38 | 0,18 | 0,15 | 1,23 |
| | c | 8,87 | 2,14 | 0,08 | 0,15 | 1,86 | |
| Prom G-02b | | 7,74 | 2,58 | 0,10 | 1,29 | 2,09 | |
| JE-004-GA | T | a | 8,42 | 2,67 | 0,06 | 0,23 | 0,24 |
| | | b | 7,93 | 2,78 | 0,47 | 0,29 | 0,06 |
| | | c | 8,59 | 2,05 | 0,08 | 0,41 | 0,25 |
| | | d | 9,16 | 1,97 | 0,03 | 0,51 | 0,92 |
| | | e | 8,67 | 2,97 | 0,02 | 0,17 | 0,11 |
| | f | 8,44 | 2,91 | 0,03 | 0,3 | 0,25 | |
| Prom T | | 8,54 | 2,56 | 0,12 | 0,32 | 0,31 | |
| JE-010-VOR | S | a | 8,64 | 2,41 | 0,61 | 0,10 | 0,42 |
| | | b | 8,53 | 2,84 | 0,09 | 0,33 | 0,18 |
| | | c | 8,75 | 1,75 | 0,18 | 0,11 | 0,64 |
| | | d | 8,75 | 1,70 | 0,24 | 0,10 | 1,01 |
| | e | 8,68 | 3,17 | 0,07 | 0,05 | 0,38 | |
| Prom S | | 8,67 | 2,37 | 0,24 | 0,14 | 0,53 | |
| JE-010-AP | G4 | a | 3,94 | 6,29 | 0,08 | 0,92 | 0,02 |
| | | b | 8,66 | 2,23 | 0,02 | 0,38 | 0,39 |
| | | c | 7,53 | 3,27 | 0,03 | 1,05 | 0,30 |
| | d | 8,84 | 2,02 | 0,02 | 0,33 | 0,81 | |
| Prom G4 | | 7,24 | 3,45 | 0,04 | 0,67 | 0,38 | |

Tabla12: Contenidos en A% de los elementos del sitio A para cada partícula y el promedio de todas ellas para cada probeta.

| Afloramiento | Probeta | Partículas | Contenido de Sr, Ca, K, Ba (A%) en cada partícula | | | | |
|--------------|-----------|------------|---|------|------|------|------|
| | | | K | Ca | Sr | Ba | REE |
| JE-004-VOC | G-01 | a | 0,27 | 0,34 | 3,01 | 0,04 | 1,87 |
| | | b | 0,06 | 1,31 | 2,41 | 0,04 | 1,47 |
| | | c | 0,13 | 0,82 | 3,5 | 0,04 | 1,56 |
| | | d | 0,53 | 0,93 | 1,39 | 0,04 | 2,84 |
| | Prom G-01 | | 0,25 | 0,85 | 2,58 | 0,04 | 1,94 |
| JE-006-AN | G-02a | a | 0,13 | 1,03 | 2,09 | 0,09 | 2,65 |
| | | b | 0,18 | 0,95 | 1,92 | 0,06 | 2,92 |
| | | c | 0,05 | 0,68 | 3,81 | 0,02 | 1,42 |
| | | d | 0,12 | 1,48 | 2,99 | 0,06 | 1,49 |
| | e | 0,01 | 0,95 | 1,64 | 0,03 | 3,74 | |
| Prom G-02a | | 0,10 | 1,02 | 2,49 | 0,05 | 2,44 | |
| JE-007-VOR | G-02b | a | 0,87 | 2,50 | 0,56 | 0,28 | 0,46 |
| | | b | 0,31 | 1,26 | 1,48 | 0,24 | 2,56 |
| | c | 0,08 | 1,45 | 2,06 | 0,07 | 2,23 | |
| Prom G-02b | | 0,42 | 1,74 | 1,37 | 0,20 | 1,75 | |
| JE-004-GA | T | a | 0,13 | 1,30 | 3,33 | 0,05 | 1,11 |
| | | b | 0,12 | 0,79 | 3,07 | 0,04 | 1,60 |
| | | c | 0,10 | 2,30 | 1,95 | 0,06 | 2,03 |
| | | d | 0,07 | 1,90 | 2,80 | 0,04 | 1,78 |
| | | e | 0,04 | 0,70 | 4,01 | 0,03 | 1,05 |
| | f | 0,14 | 0,77 | 3,54 | 0,06 | 1,33 | |
| Prom T | | 0,10 | 1,29 | 3,12 | 0,05 | 1,48 | |
| JE-010-VOR | S | a | 0,11 | 1,04 | 2,68 | 0,08 | 2,10 |
| | | b | 0,30 | 1,05 | 2,88 | 0,03 | 1,54 |
| | | c | 0,15 | 1,22 | 1,85 | 0,03 | 2,98 |
| | | d | 0,18 | 1,09 | 1,51 | 0,03 | 3,32 |
| | e | 0,31 | 1,11 | 3,01 | 0,02 | 1,25 | |
| Prom S | | 0,21 | 1,10 | 2,39 | 0,04 | 2,24 | |
| JE-010-AP | G4 | a | 1,66 | 1,40 | 1,65 | 0,07 | 0,41 |
| | | b | 0,05 | 0,93 | 2,96 | 0,03 | 2,01 |
| | | c | 0,37 | 1,18 | 2,37 | 0,04 | 1,46 |
| | | d | 0,09 | 1,55 | 1,67 | 0,04 | 2,62 |
| | Prom G4 | | 0,54 | 1,27 | 2,16 | 0,05 | 1,63 |

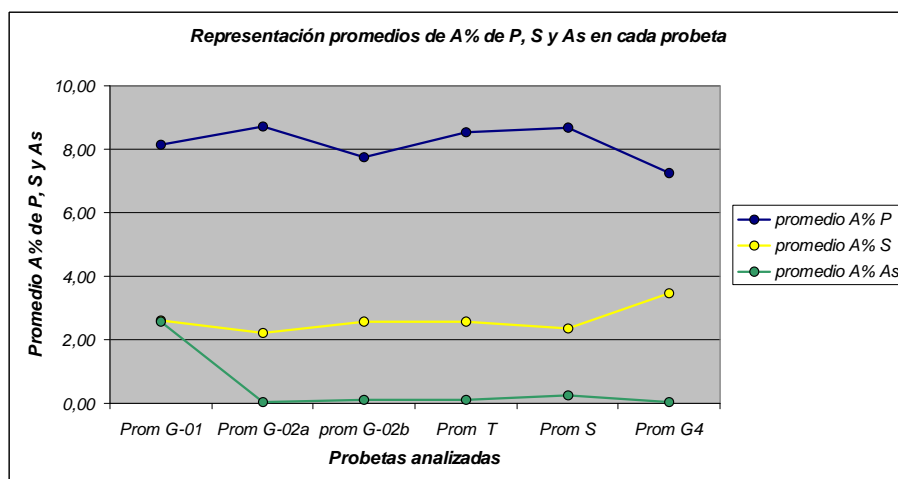


Fig.63: Gráfico de dispersión de los promedios en cada probeta de A% de P, S y As en X

Los valores de A%P, están relacionados de forma inversa con los de A%S. Los de A%As presentan una relación incierta (a no considerar) directa con los de S solo en parte de la gráfica.

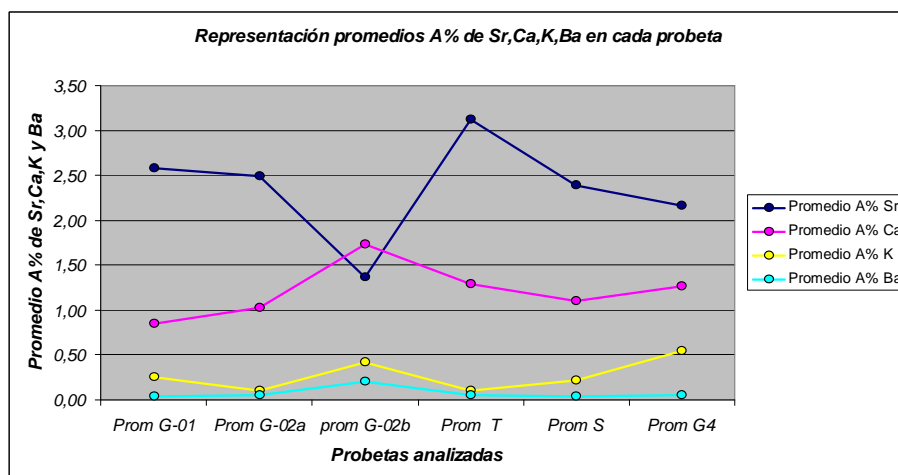


Fig.64: Gráfico de dispersión de los promedios en cada probeta de A% de elementos de A

Los valores de A% de Sr con respecto a Ca, K, y Ba están relacionados de forma claramente inversa. Por otra parte la relación de Ca, K, y Ba es directa.

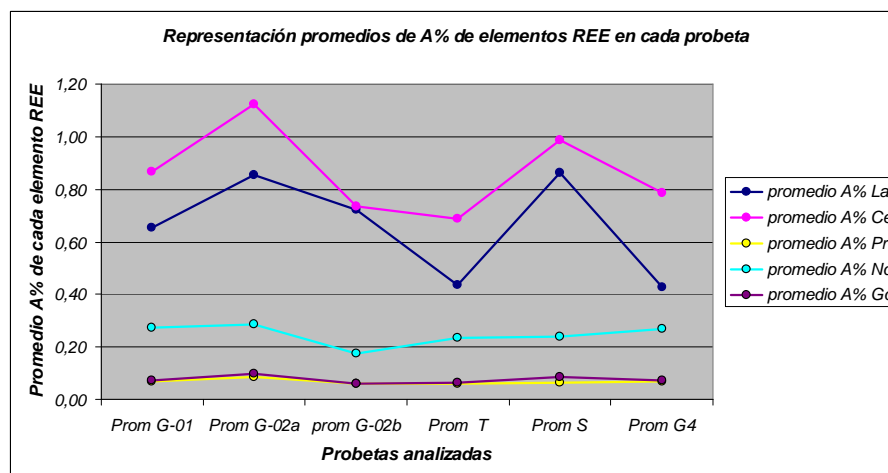


Fig.65: Gráfico de dispersión de los promedios en cada probeta de A% de los elementos de REE, en donde todos los elementos están en relación directa.

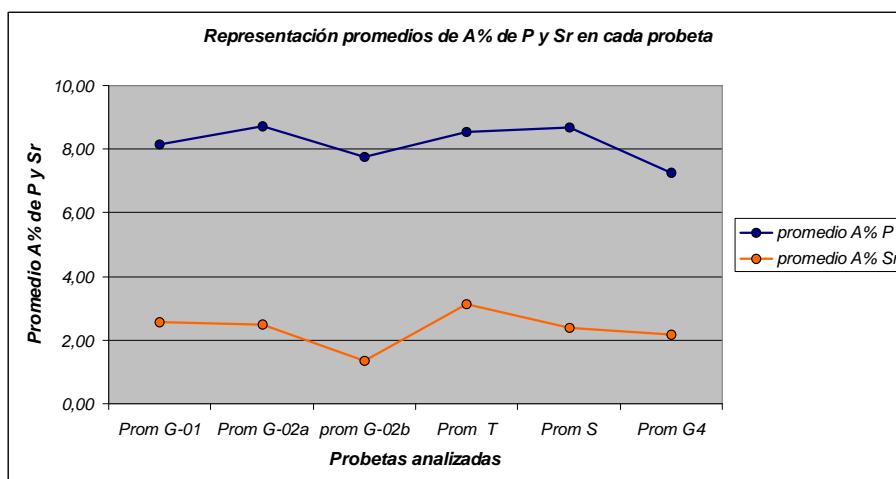


Fig.66: Gráfico de dispersión de los promedios en cada probeta de A% de P frente a A% de Sr. Se manifiesta una relación mayoritariamente directa.

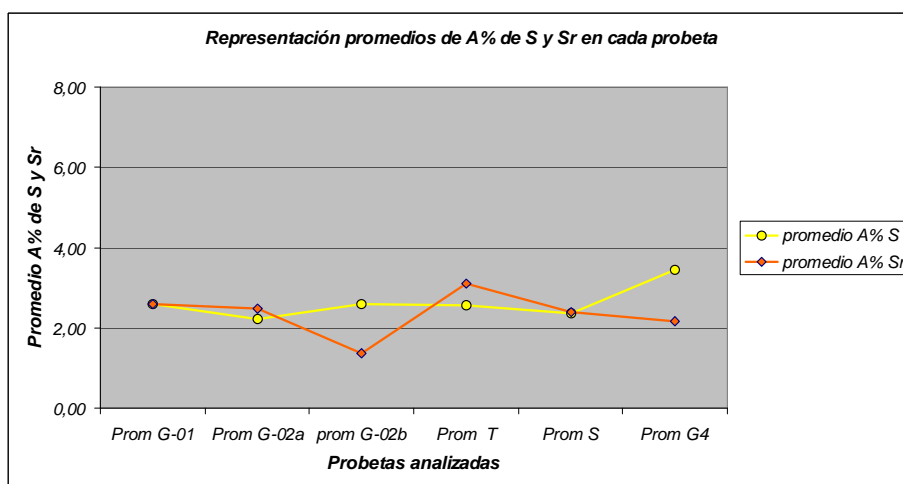


Fig.67: Gráfico de dispersión de los promedios en cada probeta de A% de P frente a A% de Sr. Se manifiesta una relación mayoritariamente inversa.

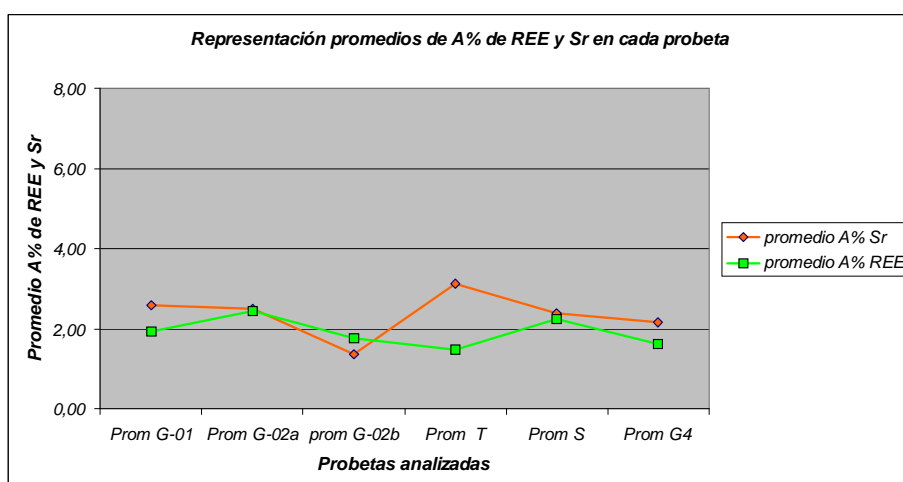


Fig.68: Gráfico de dispersión de los promedios en cada probeta de A% de Sr frente a A% de REE. Se manifiesta una relación mayoritariamente inversa.

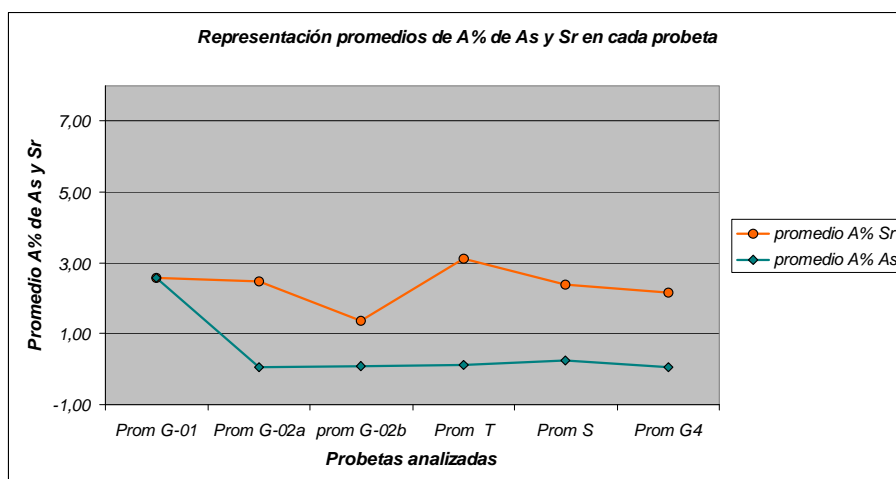


Fig.69: Gráfico de dispersión de los promedios en cada probeta de A% de Sr frente a A% de As. Se observa que las variaciones de contenido de Sr no guardan relación con las de As.

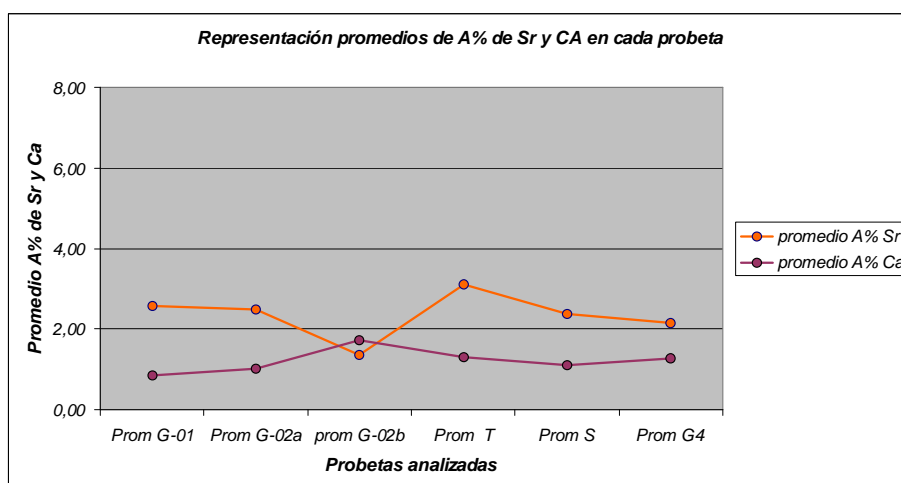


Fig.70: Gráfico de dispersión de los promedios en cada probeta de A% de Sr frente a A% de Ca. Se manifiesta una relación mayoritariamente inversa.

Fórmulas estructurales - Excesos y espacios vacantes

En la representación de estos valores, hay que tener en cuenta que las formulas estructurales se han calculado en base a $X=2$ (SO_4 , PO_4 , AsO_4 , SiO_4) átomos por unidad de fórmula (Taylor *et al.*, 1990).

Los valores para una fórmula estructural bien equilibrada serían:

Para el sitio A = 1 (átomos *apfu*)
 Para el sitio B = 3 “
 Para el sitio X = 2 “

Se representa la ocupación en los sitios A-B-X, en número de átomos *apfu* (dados en la tabla 13) que corresponden a las fórmulas estructurales promedio obtenidas. (Fig.71)

Tabla 13- Valores promedio (número de átomos apfu), obtenidos en los análisis de las partículas contenidas en las probetas y que conforman su fórmula estructural.

| Elemento | Probeta | | | | | |
|-----------|---------|-------|-------|------|------|------|
| | G-01 | G-02a | G-02b | T | S | G4 |
| P | 1,41 | 1,57 | 1,35 | 1,48 | 1,52 | 1,27 |
| S | 0,44 | 0,40 | 0,44 | 0,44 | 0,41 | 0,61 |
| As | 0,08 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 0,04 | 0,01 |
| Si | 0,06 | 0,02 | 0,20 | 0,06 | 0,02 | 0,12 |
| Al | 2,86 | 3,23 | 2,82 | 2,98 | 3,07 | 3,13 |
| Fe | 0,22 | 0,15 | 0,20 | 0,17 | 0,11 | 0,12 |
| K | 0,04 | 0,02 | 0,07 | 0,02 | 0,04 | 0,10 |
| Ca | 0,15 | 0,18 | 0,29 | 0,23 | 0,19 | 0,22 |
| Sr | 0,44 | 0,45 | 0,24 | 0,54 | 0,41 | 0,38 |
| Ba | 0,00 | 0,01 | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| La | 0,12 | 0,16 | 0,13 | 0,08 | 0,16 | 0,07 |
| Ce | 0,15 | 0,20 | 0,13 | 0,12 | 0,18 | 0,14 |
| Pr | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |
| Nd | 0,05 | 0,05 | 0,03 | 0,04 | 0,04 | 0,05 |
| Gd | 0,01 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,02 | 0,01 |
| Totales A | 0,97 | 1,10 | 0,92 | 1,10 | 1,04 | 0,99 |
| Totales B | 3,07 | 3,38 | 3,02 | 3,15 | 3,17 | 3,25 |
| Totales X | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |

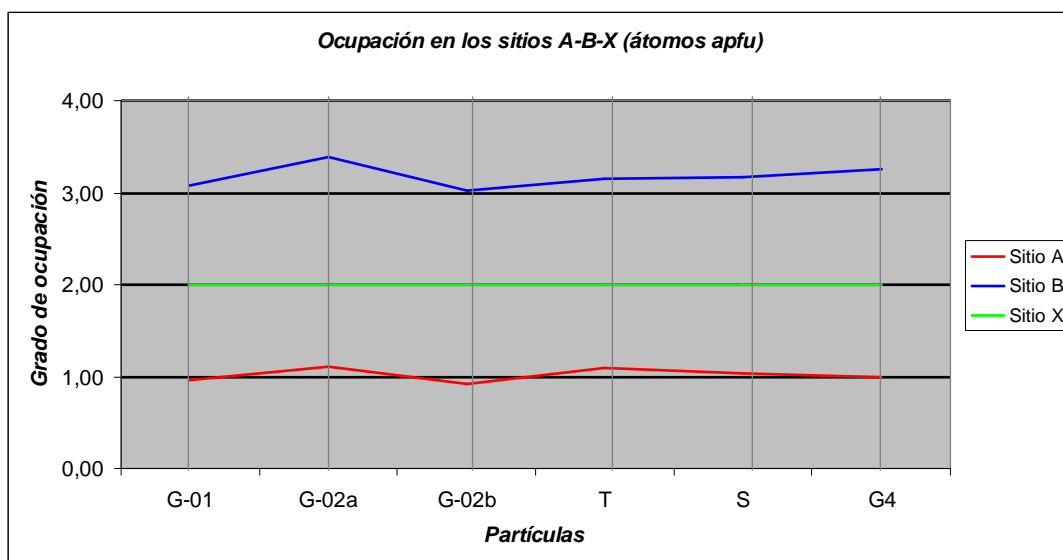


Fig.71: Como se deduce de la observación de la gráfica, las partículas analizadas evidencian un problema de exceso en el sitio B, posiblemente debido al incremento de Al i/o Fe provocado por inclusiones o la proximidad de otros minerales que han entrado en el campo de análisis. El sitio A presenta unas pequeñas oscilaciones, con espacios vacantes, que suelen ser habituales en los minerales APS.

Cálculo de abundancias de minerales APS en los afloramientos estudiados del Mioceno

La extracción completa y la cuantificación de minerales APS, la hemos aplicado únicamente en los afloramientos del Mioceno. En los del Holoceno solo se han separado partículas que nos han interesado morfológica o analíticamente, estimando las abundancias de forma visual.

De las 53 muestras de sedimentos miocénicos procesadas, en 50 de ellas se ha detectado la presencia de minerales APS.

Para el cálculo de abundancias hemos seguido el protocolo que se expone en la Fig.72

| Material inicial | Fracción granulométrica | Rango aplicación Frantz | Separación APS estereomicroscopio | | Conteo partículas |
|--|-------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-----------|-------------------|
| Minerales pesados concentrados por Knelson (más 2 bateas) Separados con Thoulet | >300 µm | 0,60A - 0,80A - 1,30A | visual | x15 - x20 | manual |
| | >100 µm | 0,60A - 0,80A - 1,30A | visual | x20 | manual |
| | < 100 µm | 0,60A - 0,80A - 1,30A | visual | ≥ x30 | manual |

Fig.72: Protocolo de separación y conteo de las partículas de los minerales APS

En la Tabla 14: Se relacionan los resultados de conteo obtenidos y en función de peso total de la muestra se calculan las abundancias para 100kg de la misma.

En la Fig 73 y el plano de la pag 390 se sitúan geográficamente los distintos afloramientos con contenido de minerales APS, adjudicando un color en función de su número de partículas.

En la Tabla 15: Se asocia cada uno de los afloramientos al nivel estratigráfico de obtención de la muestra indicando la litología de la misma (Datos extraídos de los mapas geológicos 1:50,000 de I.G.C-2007 y sus leyendas, ver pag.385).

En la Tablas 16 y 17: Se distribuyen las abundancias dentro de cada sector en función de los distintos estadios del Mioceno y de acuerdo al esquema simplificado que se expone a continuación. (Fig.74 y 75)

| Séries | | Estadios estandar | Estadios continentales |
|------------------|--|-------------------|------------------------|
| Mioceno superior | | Messiniense | Turoliense |
| | | Tortonense | |
| Mioceno medio | | Serravaliense | Vallesiense |
| | | Languense | |
| Mioceno inferior | | Burdigaliense | Aragoniense |
| | | Aquitaniense | |
| | | | Orleaniense |
| | | | Ageniense |

Fig.74: Esquema simplificado de los estadios del Mioceno

Tabla 14: Relación de abundancias en los afloramientos del Mioceno (nº partículas x100kg)

| Abundancia Color | Afloramiento | UTMX-E | UTMY-N | Situación | Peso gr | nº part | part /100kg |
|---------------------|--------------|--------|---------|------------------------|---------|---------|-------------|
| >500 part. | JE-008-GA | 390200 | 4568971 | Barraca del Bruno | 6.690 | 68 | 1016 |
| rojo | JE-001-AN | 394350 | 4597085 | Bóviles,C2242,km.2 | 7270 | 65 | 894 |
| | JE-010-AP | 391081 | 4591896 | Can Regata de Baix | 19480 | 158 | 811 |
| | JE-004-BLL | 411881 | 4596334 | Ullastrell BV-1202 | 6.390 | 48 | 751 |
| | JE-002-BLL | 409095 | 4600772 | O-V (B-120) Km.11 | 6.520 | 44 | 675 |
| | JE-008-AN | 394640 | 4596526 | Barranc de Can Mata | 25050 | 147 | 587 |
| | JE-006-VOC | 419986 | 4604474 | Matadepera | 7.205 | 40 | 555 |
| | JE-014-VOC | 422361 | 4597165 | St. Quirze BV-1413 | 6.800 | 37 | 544 |
| >250/<500 | JE-013-VOC | 411846 | 4600727 | Depuradora Vil-Oles | 5.800 | 24 | 414 |
| verde | JE-008-VOC | 416679 | 4604273 | Can Colomer | 6.305 | 25 | 397 |
| | JE-11/12-AP | 401736 | 4587307 | Pas de les Piles-b/c | 55570 | 218 | 392 |
| | JE-004-VOR | 436814 | 4606059 | Lliça M. BV-1602 | 7.300 | 26 | 356 |
| | JE-(prom)-GA | 395732 | 4568302 | SP.Ribes-S. Mestre | 121240 | 432 | 356 |
| | JE-007-AP | 401597 | 4587319 | Pas Les Piles-a | 6.670 | 21 | 315 |
| | JE-006-AN | 393524 | 4594885 | Terraza Badorc | 31000 | 92 | 297 |
| | JE-041-VOR | 450318 | 4614750 | St.A.V. c/Ulzinelles | 28500 | 83 | 291 |
| | JE-010-VOC | 410860 | 4601587 | Olesa B-120 | 8.320 | 23 | 276 |
| | JE-001-AP | 397330 | 4583825 | Ca l'Artiges | 5.370 | 14 | 261 |
| >100/<250 | JE-001-BLL | 408946 | 4600571 | Olesa – Vila (B-120) | 8.000 | 19 | 238 |
| azul | JE-007-VOR | 439124 | 4605500 | Coll de la Manya | 6.830 | 16 | 234 |
| | JE-011-VOC | 415909 | 4590863 | Castellbisbal | 6.600 | 14 | 212 |
| | JE-006-VOR | 436379 | 4607869 | Can Carreres | 6.960 | 11 | 158 |
| | JE-009-VOC | 429378 | 4601956 | Polinya C-155 | 7.320 | 11 | 150 |
| | JE-034-VOR | 451945 | 4613225 | Terraza Can Diviu | 13100 | 19 | 145 |
| | JE-005-VOC | 427583 | 4605836 | Sentmenat / Sab | 7.755 | 11 | 142 |
| | JE-009-GA | 394404 | 4565969 | Autovía Vilanova | 3.590 | 5 | 139 |
| | JE-016-VOR | 443091 | 4608550 | Can Mateu | 6.880 | 9 | 131 |
| | JE-014-SEL | 462582 | 4622336 | Cerámica J.Aragay | 35915 | 38 | 106 |
| | JE-009-AP | 389973 | 4590148 | St. Quirze Mediona | 5.900 | 6 | 102 |
| >50/<100 | JE-020-VOR | 446360 | 4611023 | Riera de Vallformers | 5.055 | 5 | 99 |
| fucsia | JE-012-VOC | 413836 | 4602185 | Ctra. Terrassa-Vilad | 7.100 | 7 | 99 |
| | JE-22/23-VOR | 451757 | 4611832 | Cerámicas Llinars | 13080 | 12 | 92 |
| | JE-003-VOR | 442613 | 4603289 | Can Ribes | 8.270 | 6 | 73 |
| | JE-25/26-VOR | 452939 | 4618973 | Can Jeroni-Can Marc | 40800 | 29 | 71 |
| | JE-003-BLL | 408540 | 4600086 | Salida Olesa-Vilad. | 7.430 | 5 | 67 |
| | JE-024-VOR | 443872 | 4608583 | Vinya del Bell.lloc | 7.000 | 4 | 57 |
| <50 | JE-053-VOR | 441381 | 4614138 | La Garriga- Malhivern | 26785 | 13 | 49 |
| amarillo | JE-048-VOR | 441576 | 4615058 | La Garriga - Alzines | 12570 | 6 | 48 |
| | JE-010-VOR | 441013 | 4610046 | FCC-EI Falgar S-2 A | 70.060 | 28 | 40 |
| | JE-031-VOR | 458146 | 4616403 | Esc.J.Pallerola i R | 34490 | 12 | 35 |
| | JE-017-VOR | 443011 | 4609011 | Camí vell Granoll. | 6.000 | 2 | 33 |
| | JE-035-VOR | 453857 | 4611757 | Vilalba S.- ca n'Agell | 28180 | 9 | 32 |
| | JE-018-VOR | 442811 | 4612254 | Ca l'Aimeric | 6.570 | 2 | 30 |
| | JE-032-VOR | 455103 | 4616373 | Abocador St. Celoni | 40835 | 9 | 22 |
| | JE-27/28-VOR | 458893 | 4617141 | L'Azalea (St. Celoni) | 35920 | 5 | 14 |
| | JE-038-VOR | 461125 | 4618467 | Gualba B-C251-60,6 | 30300 | 1 | 3 |
| 0 part | JE-037-VOR | 461512 | 4618679 | Cal Neiro-Gualba B. | 29390 | 0 | 0 |
| blanco | JE-042-VOR | 454752 | 4615413 | S.Mª.P - La Serra | 26850 | 0 | 0 |
| | JE-005-AN | 394682 | 4597641 | Cantera bóviles | 26000 | 0 | 0 |

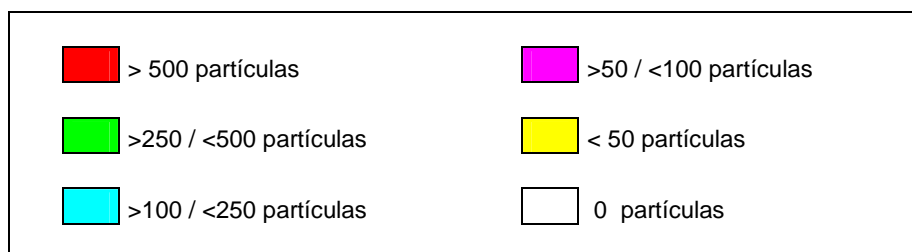
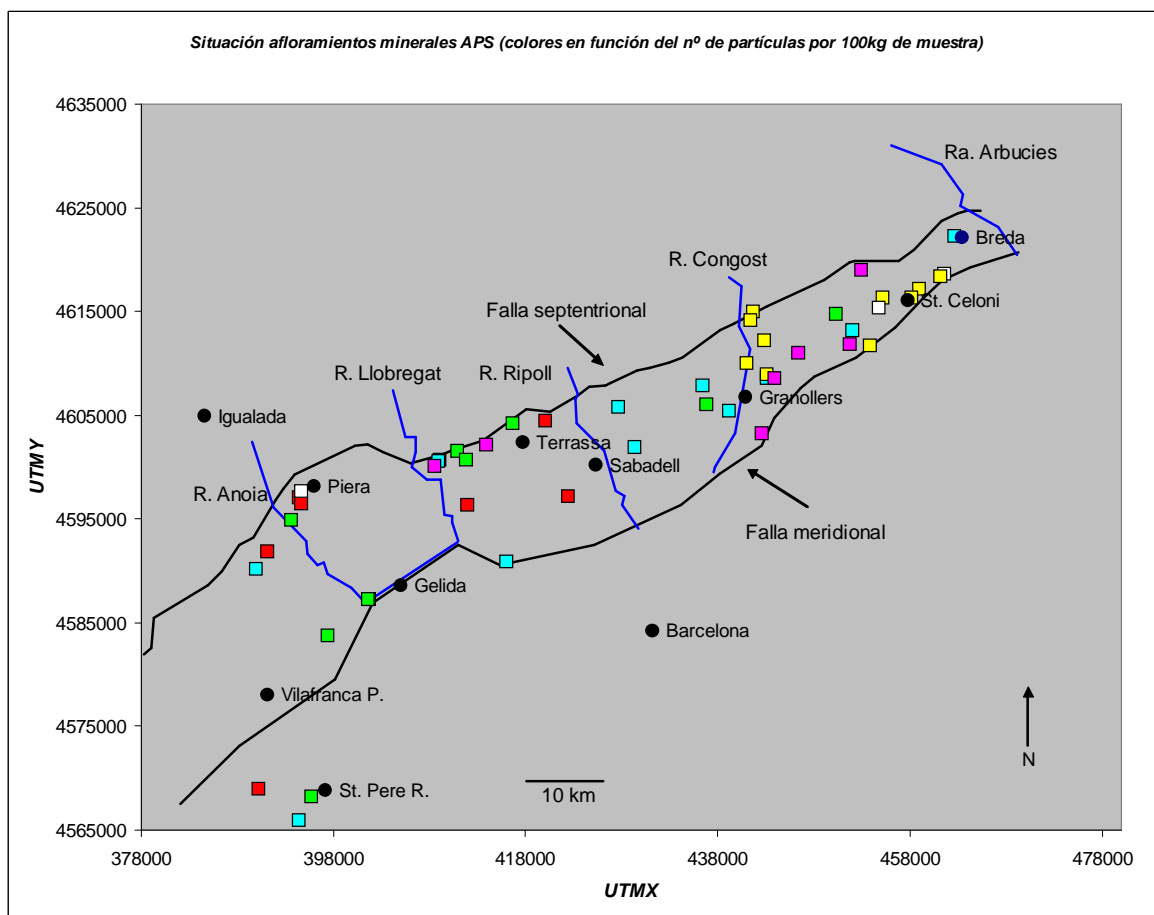


Fig. 73: Situación geográfica de los afloramientos con indicación de abundancias de minerales APS

De este plano esquemático se deduce que los afloramientos con una mayor proporción de APS están situados al W de río Ripoll, se extienden hacia el Alt Penedès, y más al S hasta la fosa de Vilanova. La mayoría son proximales o intermedios respecto de la falla septentrional, aunque alguno como el 012-AP (situado en la dirección actual de aportes del río Anoià) es distal.

Las litologías de la Cordillera Prelitoral a lo largo de la falla septentrional, no varían sustancialmente en cuanto a los materiales paleozoicos, pero si se aprecia que los afloramientos con una mayor abundancia de minerales APS, no están situados frente a las intrusiones graníticas del Carbonífero-Pérmico, sino más bien frente a las direcciones de aporte de los materiales del Triásico, que suponemos fueron similares a los actuales. En principio estos materiales triásicos, especialmente la facies Buntsandstein, podrían ser sus áreas fuente.

Hemos de destacar un dato de interés, sobre el que incidiremos más adelante, y es que asociados a estos minerales APS en más del 80% de los afloramientos, aparecen en la fracción diamagnética, partículas de fluorapatitos negros y grises, manteniendo un grado de abundancia entre ellas similar a la de aquellos. Por lo que suponemos pueden proceder de relieves próximos.

Tabla 15: Nivel estratigráfico de obtención de cada una de las muestras con contenido de minerales APS

| Abundancia Color | punto nº | Afloramiento | UTMX-E | UTMY-N | nº part. x100kg | Símbolos lectura | Estratigrafía | Litología |
|---------------------|-------------|--------------|--------|---------|--------------------|---------------------|--|--|
| >500 part. rojo | 1 | JE-008-GA | 390200 | 4568971 | 1016 | NMas | Serravaliense-Tortonense | Arenas finas y arcillas azules muy plásticas |
| | 2 | JE-001-AN | 394350 | 4597085 | 894 | NMav | Turolense | Arcillas rojas |
| | 3 | JE-010-AP | 391081 | 4591896 | 811 | NMca | Aragoniense superior-Vallesense | Conglomerados con matriz arcillosa sin cimentar |
| | 4 | JE-004-BLL | 411881 | 4596334 | 751 | NMag | Serravaliense-Vallesense | Arcillas, areniscas y conglomerados |
| | 5 | JE-002-BLL | 409095 | 4600772 | 675 | NMgc | Aragoniense superior-Vallesense | Conglomerados con matriz arenosa sin cimentar |
| | 6 | JE-008-AN | 394640 | 4596526 | 587 | NMca | Aragoniense superior-Vallesense | Conglomerados con matriz arcillosa sin cimentar |
| | 7 | JE-006-VOC | 419986 | 4604474 | 555 | NMcs | Turolense | Conglomerados con matriz areno-arcillosa |
| | 8 | JE-014-VOC | 422361 | 4597165 | 544 | NMag | Serravaliense-Vallesense | Arcillas, areniscas y conglomerados |
| >250/<500 verde | 9 | JE-013-VOC | 411846 | 4600727 | 414 | NMag | Serravaliense-Vallesense | Arcillas, areniscas y conglomerados |
| | 10 | JE-008-VOC | 416679 | 4604273 | 397 | NMcs | Turolense | Conglomerados con matriz areno-arcillosa |
| | 11 | JE-11/12-AP | 401736 | 4587307 | 392 | NMas | Serravaliense-Tortonense | Arenas finas y arcillas azules muy plásticas |
| | 12 | JE-004-VOR | 436814 | 4606059 | 356 | NMa | Aragoniense-Vallesense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| | 13 | JE-(prom)-GA | 395732 | 4568302 | 356 | NMas | Serravaliense-Tortonense | Arenas finas y arcillas azules muy plásticas |
| | 14 | JE-007-AP | 401597 | 4587319 | 315 | NMas | Serravaliense-Tortonense | Arenas finas y arcillas azules muy plásticas |
| | 15 | JE-006-AN | 393524 | 4594885 | 297 | NMca | Aragoniense superior-Vallesense | Conglomerados con matriz arcillosa sin cimentar |
| | 16 | JE-041-VOR | 450318 | 4614750 | 291 | NMa | Aragoniense-Vallesense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| | 17 | JE-010-VOC | 410860 | 4601587 | 276 | NMag | Serravaliense-Vallesense | Arcillas, areniscas y conglomerados |
| | 18 | JE-001-AP | 397330 | 4583825 | 261 | NMas | Serravaliense-Tortonense | Arenas finas y arcillas azules muy plásticas |
| >100/<250 azul | 19 | JE-001-BLL | 408946 | 4600571 | 238 | NMgc | Aragoniense superior-Vallesense | Conglomerados con matriz arenosa sin cimentar |
| | 20 | JE-007-VOR | 439124 | 4605500 | 234 | NMa | Aragoniense-Vallesense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| | 21 | JE-011-VOC | 415909 | 4590863 | 212 | NMal | Burdigaliense - Serravaliense inferior | Arcillas fosilíferas y limos |
| | 22 | JE-006-VOR | 436379 | 4607869 | 158 | NMa | Aragoniense-Vallesense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| | 23 | JE-009-VOC | 429378 | 4601956 | 150 | NMag | Serravaliense-Vallesense | Arcillas, areniscas y conglomerados |
| | 24 | JE-034-VOR | 451945 | 4613225 | 145 | NMag | Serravaliense-Vallesense | Arcillas, areniscas y conglomerados |
| | 25 | JE-005-VOC | 427583 | 4605836 | 142 | NMag | Serravaliense-Vallesense | Arcillas, areniscas y conglomerados |
| | 26 | JE-009-GA | 394404 | 4565969 | 139 | NMas | Serravaliense-Tortonense | Arenas finas y arcillas azules muy plásticas |
| | 27 | JE-016-VOR | 443091 | 4608550 | 131 | NMa | Aragoniense-Vallesense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| | 28 | JE-014-SEL | 462582 | 4622336 | 106 | NMcg1 | Vallesense y Turolense | Conglom.con intercalaciones de arenas y arcillas rojas |
| | 29 | JE-009-AP | 389973 | 4590148 | 102 | NMca | Aragoniense superior-Vallesense | Conglomerados con matriz arcillosa sin cimentar |

Tabla 15: Continuación.

| Abundancia Color | punto nº | Afloramiento | UTMX-E | UTMY-N | nº part. x100kg | Símbolos lectura | Estratigrafía | Litología |
|---------------------|-------------|--------------|--------|---------|--------------------|---------------------|----------------------------------|---|
| >50/<100 | 30 | JE-012-VOC | 413836 | 4602185 | 99 | NMcs | Turolense | Conglomerados con matriz areno-arcillosa |
| fucsia | 31 | JE-020-VOR | 446360 | 4611023 | 99 | NMa | Aragoniense-Vallesiense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| | 32 | JE-22/23-VOR | 451757 | 4611832 | 92 | NMag | Serravaliense-Vallesiense | Arcillas, areniscas y conglomerados |
| | 33 | JE-003-VOR | 442613 | 4603289 | 73 | NMa | Aragoniense-Vallesiense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| | 34 | JE-25/26-VOR | 452939 | 4618973 | 71 | NMcg1 | Vallesiense y Turolense | Conglom.con intercalaciones de arenas y arcillas rojas |
| | 35 | JE-003-BLL | 408540 | 4600086 | 67 | NMag | Serravaliense-Vallesiense | Arcillas, areniscas y conglomerados |
| | 36 | JE-024-VOR | 443872 | 4608583 | 57 | NMa | Aragoniense-Vallesiense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| <50 | 37 | JE-053-VOR | 441381 | 4614138 | 49 | NMa | Aragoniense-Vallesiense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| amarillo | 38 | JE-048-VOR | 441576 | 4615058 | 48 | NMa | Aragoniense-Vallesiense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| | 39 | JE-010-VOR | 441013 | 4610046 | 40 | NMa | Aragoniense-Vallesiense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| | 40 | JE-031-VOR | 458146 | 4616403 | 35 | NMcg1 | Vallesiense y Turolense | Conglom. con intercalaciones de arenas y arcillas rojas |
| | 41 | JE-017-VOR | 443011 | 4609011 | 33 | NMa | Aragoniense-Vallesiense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| | 42 | JE-035-VOR | 453857 | 4611757 | 32 | NMgc | Aragoniense superior-Vallesiense | Conglomerados con matriz arenosa sin cimentar |
| | 43 | JE-018-VOR | 442811 | 4612254 | 30 | NMa | Aragoniense-Vallesiense | Arcillas y areniscas arcólicas |
| | 44 | JE-032-VOR | 455103 | 4616373 | 22 | NMcg1 | Vallesiense y Turolense | Conglom. con intercalaciones de arenas y arcillas rojas |
| | 45 | JE-27/28-VOR | 458893 | 4617141 | 14 | NMcg1 | Vallesiense y Turolense | Conglom. con intercalaciones de arenas y arcillas rojas |
| | 46 | JE-038-VOR | 461125 | 4618467 | 3 | NMcg1 | Vallesiense y Turolense | Conglom. con intercalaciones de arenas y arcillas rojas |
| 0 part | 47 | JE-037-VOR | 461512 | 4618679 | 0 | NMcg1 | Vallesiense y Turolense | Conglom. con intercalaciones de arenas y arcillas rojas |
| blanco | 48 | JE-042-VOR | 454752 | 4615413 | 0 | NMcg1 | Aragoniense-Vallesiense | Niv. lenticulares de conglomer. con matriz arenosa-arcólica |
| | 49 | JE-005-AN | 394682 | 4597641 | 0 | NMav | Turolense | Arcillas rojas |

Tabla 16: Distribución en peso y número de partículas para cada sector de la zona de estudio en función del nivel estratigráfico al que pertenece (I.G.C-2007)

| Símbolos lectura | Estadios estandar y continentales | Nº afloram | Total kg | Total part | Sectores | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------|-------------|---------------|-----------|----------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|---------------|------------|----------------|------------|--|--|
| | | | | | 01-SEL | part | 03-VOR | part | 04-VOC | part | 05-BLL | part | 06-AN | part | 07-AP | part | 08-GA | part | | |
| NMav | Turoliense | 2 | 33,270 | 65 | | | | | | | | | | 33,270 | 65 | | | | | |
| NMcs | Turoliense | 3 | 20,610 | 72 | | | | | 20,610 | 72 | | | | | | | | | | |
| NMcg1 | Vallesiense y Turoliense | 9 | 247,650 | 94 | 35,915 | 38 | 211,735 | 56 | | | | | | | | | | | | |
| NMas | Serravaliense-Tortonense | 7 | 199,130 | 758 | | | | | | | | | | | 67,610 | 253 | 131,520 | 505 | | |
| NMag | Serravaliense-Vallesiense | 10 | 75,995 | 190 | | | | | 62,175 | 137 | 13,820 | 53 | | | | | | | | |
| NMgca | Aragoniense-Vallesiense | 1 | 26,850 | 0 | | | 26,850 | 0 | | | | | | | | | | | | |
| NMa | Aragoniense-Vallesiense | 13 | 198,780 | 211 | | | 198,780 | 211 | | | | | | | | | | | | |
| NMca | Aragoniense sup.-Vallesiense | 4 | 81,430 | 403 | | | | | | | | | 56,050 | 239 | 25,380 | 164 | | | | |
| NMgc | Aragoniense sup.-Vallesiense | 3 | 42,700 | 72 | | | | | | | 42,700 | 72 | | | | | | | | |
| NMal | Burdigaliense - Serraval. Inf. | 1 | 6,600 | 14 | | | | | 6,600 | 14 | | | | | | | | | | |
| TOTALES | | 53 | 933,015 | 1879 | 35,915 | 38 | 437,365 | 267 | 89,385 | 223 | 56,520 | 125 | 89,320 | 304 | 92,990 | 417 | 131,520 | 505 | | |
| | | Nº partículas x100kg | | | 106 | | 61 | | 249 | | 221 | | 340 | | 448 | | 384 | | | |

Los valores reflejados en la *Tabla 16* confirman lo deducido en el plano esquemático de abundancias (*Fig. 73*). Los afloramientos con mayor cantidad de partículas de minerales APS están situados al W de río Ripoll, aumentando su número de partículas en dirección al Alt Penedès y a la fosa de Vilanova.

En la *Tabla 17*, la distribución del número de partículas en función de la distribución en los distintos niveles estratigráficos confirma que la mayor concentración se manifiesta en aquellos que están situados en el Penedès.

Al mismo tiempo en *la Fig. 75* se observa que las mayores concentraciones se dan en el Mioceno medio y superior, aunque se ha de tener en cuenta que no se dispone de afloramientos suficientes del Mioceno inferior que nos permita hacer una comparación estadística precisa.

Tabla 17: Distribución entre Vallès y Penedès

| Símbolos lectura | Estadios estandar y continentales | Número afloram | Ocupación mayoritaria | Total muestra en kgs | |
|------------------|--|----------------|-----------------------|----------------------|---------|
| | | | | Vallès | Penedès |
| NMav | Turolense | 2 | Penedès | | 33,270 |
| NMcs | Turolense | 3 | Vallès | 20,610 | |
| NMcg1 | Vallesiense y Turolense | 9 | Vallès | 247,650 | |
| NMas | Serravaliense-Tortonense | 7 | Penedès | | 199,130 |
| NMag | Serravaliense-Vallesiense | 10 | Vallès-Penedès | 37,997 | 37,998 |
| NMcga | Aragoniense-Vallesiense | 1 | Vallès | 26,850 | 0 |
| NMa | Aragoniense-Vallesiense | 13 | Vallès | 198,780 | |
| NMca | Aragoniense superior-Vallesiense | 4 | Penedès | | 81,430 |
| NMgc | Aragoniense superior-Vallesiense | 3 | Vallès | 42,700 | |
| NMal | Burdigaliense - Serravaliense inferior | 1 | Vallès | 6,600 | |
| TOTALES | | 53 | | 581,187 | 351,828 |
| | | | | nº partículas | 1321 |
| | | | | nº part x100kg | 375 |

| Símbolos | Total kg | nº part | nº part 100 kg |
|----------|----------|---------|----------------|
| Nmav | 33,270 | 65 | 195 |
| NMcs | 20,610 | 72 | 349 |
| NMcg1 | 247,650 | 94 | 38 |
| Nmas | 199,130 | 758 | 381 |
| Nmag | 75,995 | 190 | 250 |
| Nmcga | 26,850 | 0 | 0 |
| Nma | 198,780 | 211 | 106 |
| Nmca | 81,430 | 403 | 495 |
| NMgc | 42,700 | 72 | 169 |
| Nmal | 6,600 | 14 | 212 |

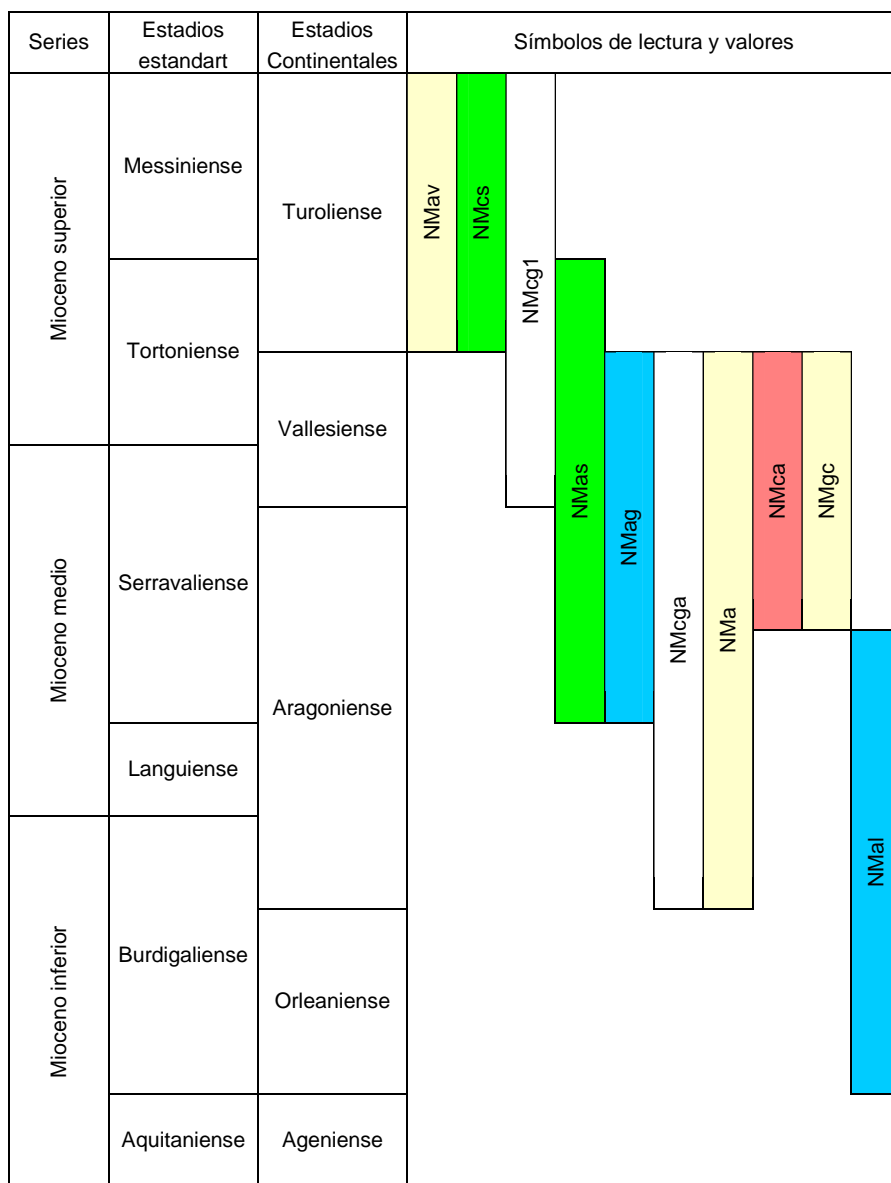
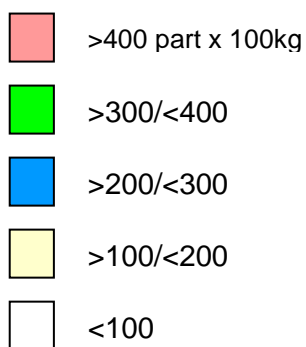


Fig.75: Distribución de abundancias de minerales APS en los distintos estadios del Mioceno

Distribución de los minerales APS en los afloramientos estudiados del Holoceno

De las 36 muestras obtenidas del Holoceno, en 30 de ellas hemos detectado la presencia de minerales APS. Se sitúan geográficamente (Fig.76).

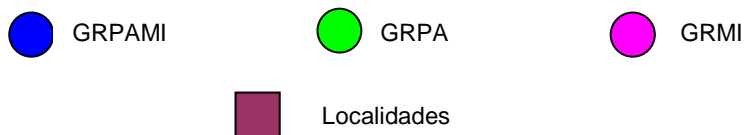
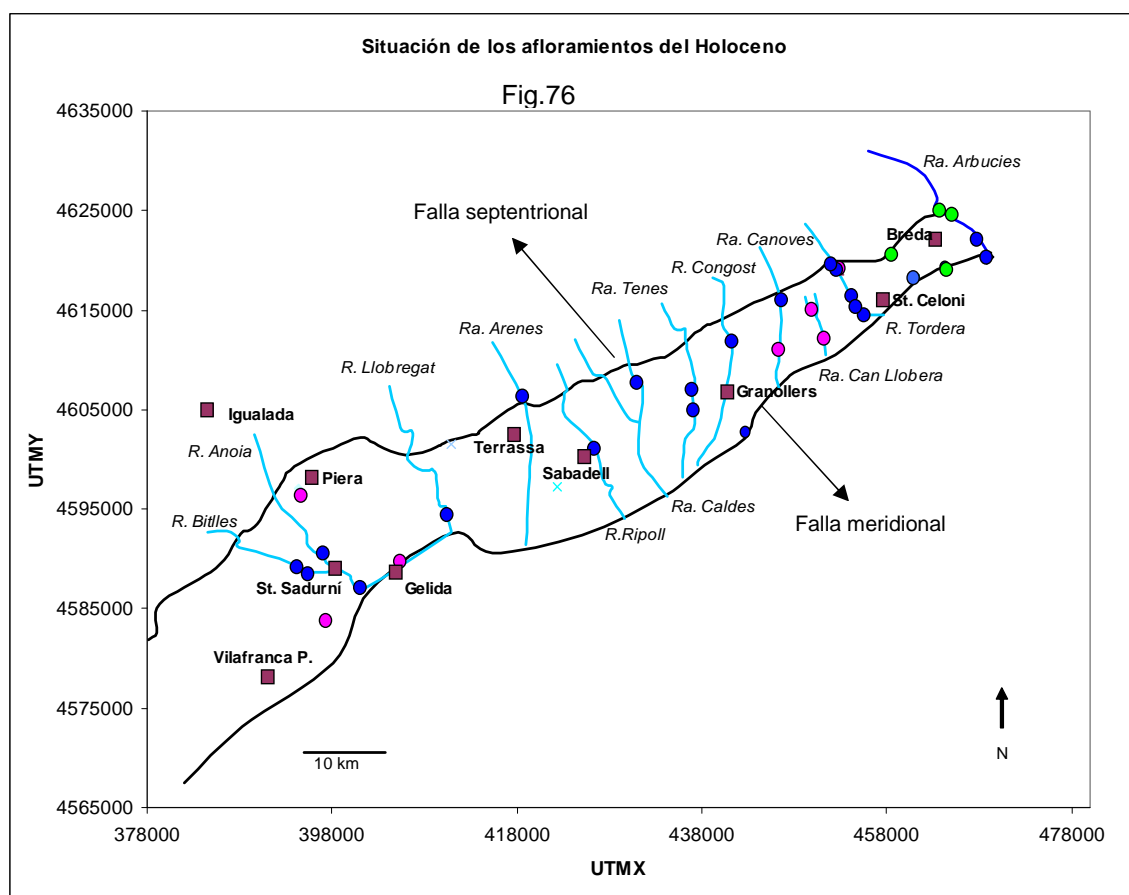
La estimación de abundancias en cada afloramiento se ha efectuado mediante observación visual, con el objetivo de comprobar si siguen las mismas pautas que las obtenidas en el Mioceno.

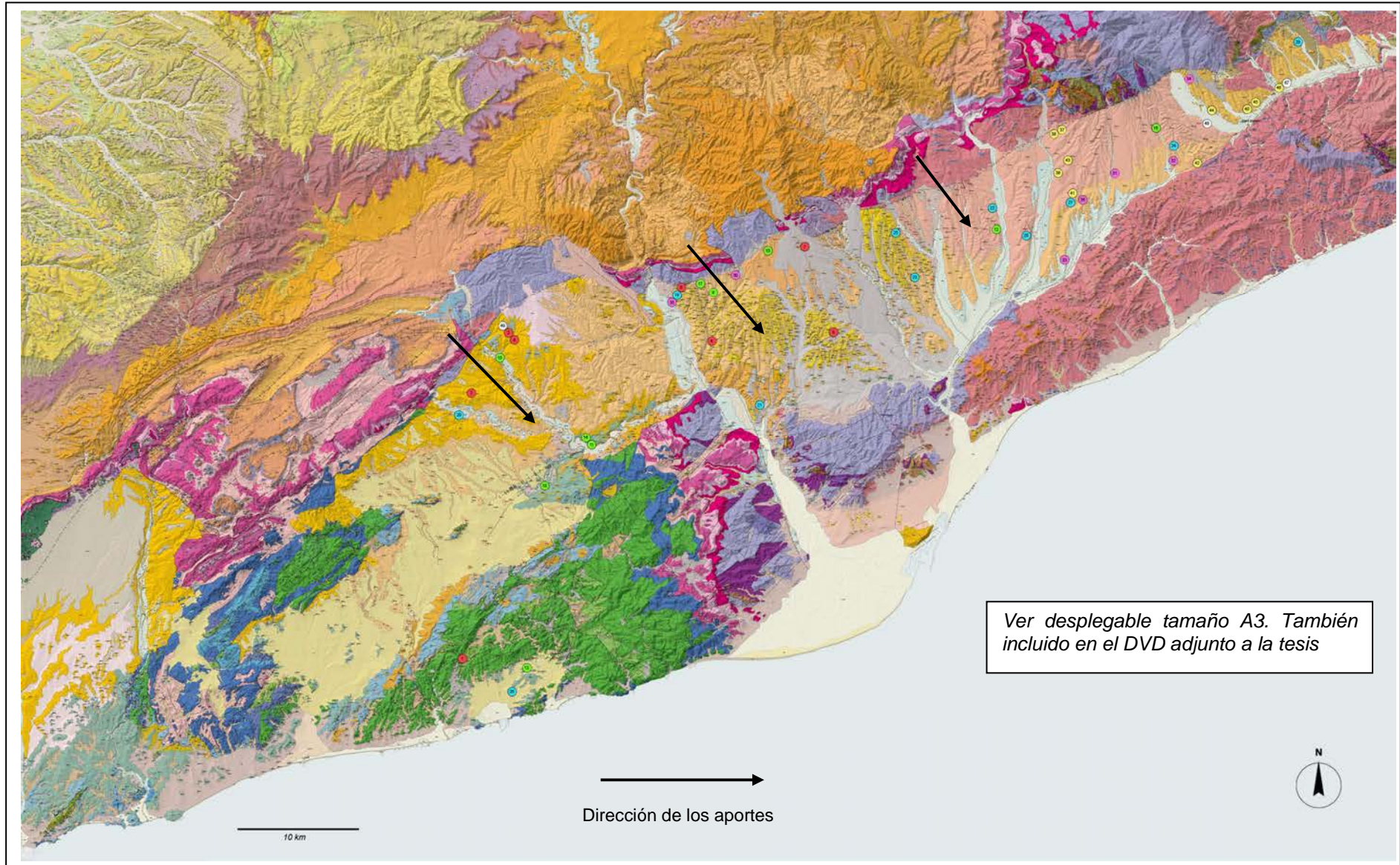
La mayor parte de los afloramientos son del tipo **GRPAMI** (situados junto a cauces fluviales con origen externo a la falla y toma de muestra en el Mioceno). Presentan minerales APS en cierta abundancia procedentes de los sedimentos miocénicos a través de los que circula. En algunos casos pudiendo contener partículas procedentes de los relieves circundantes.

En las muestras obtenidas de los de tipo **GRPA** (situados junto a cauces fluviales con origen externo a la falla y toma de muestra antes del Mioceno) no hemos detectado la presencia de minerales APS

En los de tipo **GRMI** (Situados junto a cauces fluviales con origen y fin en el Mioceno) los APS son más abundantes dado que los suministran los sedimentos miocénicos.

Se ha confirmado que las abundancias siguen la misma pauta que las calculadas para los afloramientos miocénicos. Hay un incremento destacable a partir del Río Ripoll hacia el W en dirección al sector Penedès,





Mapa geológico de la fosa neógena del Vallès-Penedès con la situación de los afloramientos e indicación de abundancias - Base I.G.C.-2006

Ambientes de formación de los minerales APS - Posibles áreas fuente

Los fosfatos-sulfatos hidratados de aluminio (minerales APS) pertenecen al supergrupo de la alunita (Scott, 1987; Jambor, 1999), siendo su cristalización más común los cristales romboédricos autigénicos).

Se presentan en gran variedad de ambientes de formación, pudiéndose encontrar tanto en rocas ígneas como metamórficas y sedimentarias, en los perfiles de alteración del suelo y también frecuentemente asociados a las paragénesis arcillosas (Dill, 2001; Rasmussen, 1996; Spötl, 1990),

En las rocas sedimentarias estos minerales son poco frecuentes y se han descrito en relación con distintos procesos, como alteración de fosforitas, perfiles de meteorización de suelos tropicales y subtropicales (minerales pathfinder), o como resultado de diagénesis temprana de areniscas (Spötl, 1990; De-Piper y Dolansky, 2005).

Numerosos yacimientos de fosfatos aluminicos se caracterizan por estar asociados con cuerpos maduros lateríticos, constituyendo un horizonte en la parte superior del perfil laterítico, justo debajo de la corteza de óxido. Estos fosfatos representados principalmente por crandallita y goyazita (Da Costa, 2004), son resultantes de la laterización de rocas sedimentarias y metasedimentarias con tenores elevados de fósforo (L.N. Castro y R.J. Melgar, 2012).

Las lateritas están constituidas por óxidos residuales y contrastan con los suelos arcillosos silicatados de las zonas de clima templado. Para que se formen depósitos importantes requiere que la meteorización química sea intensa, lo cual ocurre en zonas planas con clima tropical y altas tasas de precipitaciones. En estas regiones las rocas se descomponen dando lugar a suelos en los que todos los materiales susceptibles de solubilizarse, son disueltos y transportados por las aguas meteóricas, restando superficialmente solo hidróxidos de Fe y Al. En las lateritas con altos contenidos de Al y aportes supergénicos de otros elementos como el estroncio y las tierras raras (REE), es posible la formación de minerales APS.

Las rocas graníticas y pegmatíticas rara vez contienen mineralizaciones supergénicas de APS.

La mayoría de los APS descritos en rocas sedimentarias corresponden a sulfatos (sin grupo fosfatos) o a fosfatos (sin grupo sulfato). No obstante cuando son resultado de diagénesis incipiente es frecuente encontrar minerales compuestos por ambos grupos aniónicos (Spötl, 1990; De-Piper y Dolansky, 2005).

La formación de los APS resulta de la interacción entre un fluido relativamente ácido y oxidante y de rocas peraluminosas enriquecidas en fósforo y/o azufre con presencia de monacita (S. Gaboreau *et al.*, 2005).

Los minerales APS son muy sensibles a sus condiciones fisicoquímicas de formación, dando lugar a una amplia gama composicional, debido a la formación de soluciones sólidas complejas entre los más de 20 elementos finales (Stoffregen, 1993; Stoffregen *et al.*, 1994; Jambor, 1999; Mordberg *et al.*, 2001).

Estos minerales dependen de la disponibilidad de los elementos Al, P, S y por lo tanto de minerales accesorios en las rocas (monacita, apatito, pirita, silicatos de aluminio). No solo dependen de la actividad de los elementos en solución, sino también de las condiciones de pH y Eh en las que cristalizan (Dill, 2001; Kolitsch y Pring, 2001). Numerosos autores (ej, Schwab *et al.*, 1989; Nriagu, 1976; Vieillard *et al.*, 1979; Stoffregen y Alpers, 1987) afirman que los APS son estables para concentraciones de fósforo por debajo (a $H_3PO_4 < 10^{-5}$) en condiciones más bien oxidantes que reductoras. Los APS son estables hasta una temperatura alrededor de los 400°C y para presiones del fluido alrededor de 1 kbar (Dill, 2001).

Estos minerales son buenos marcadores de paleo-condiciones redox y de pH responsables de formaciones de frentes de alteración, y por consecuencia, como guía potencial para la exploración minera de ciertos yacimientos.

En algunos sedimentos detríticos aparecen partículas nodulares con formas redondeadas y ovaladas de tamaño inferior a 500µm, pudiendo presentar en algunas zonas superficies policristalinas con cristales de APS del tamaño antes citado. Ciertos investigadores y prospectores del siglo XIX las denominaban “frijoles” por lo parecido a estas semillas en cuanto a su forma.

Los APS enriquecidos en estroncio (Sr), localizados en areniscas, probablemente se originaron durante la diagénesis de enterramiento y podrían representar una fase estable en la convivencia con las soluciones de sub-cuenca en los acuíferos diagenéticos. Los APS con alto contenido en Sr y presencia de S y P, han sido frecuentemente reportados en la literatura sobre areniscas de todo el mundo (Rasmussen, 1996; Spölt, 1990; Eneldo, 2001).

En un estudio sobre los APS ricos en Sr en materiales del Triásico inferior (Formación areniscas de Cañizar de la facies Buntsandstein) del SE de la Cordillera Ibérica, (J.F. Barrenechea, *et al.*, 2006), manifiestan que la distribución de los minerales APS ricos en Sr que han analizado, responden claramente a un control estratigráfico. Se trata además de minerales autigénicos, como ponen en evidencia el carácter idiomorfo y el tamaño extremadamente pequeño de los cristales. La homogeneidad en los tamaños de los cristales y la presencia de peldaños de crecimiento indican una elevada tasa de nucleación y un período de crecimiento relativamente corto. Su precipitación debió tener lugar poco después de la sedimentación, o durante la diagénesis temprana, ya que son anteriores a los cementos illíticos y cuarcíticos que los acompañan. Sin embargo no hay evidencias de que la meteorización y los procesos edáficos fueran especialmente intensos en estos niveles. La aparición de unas condiciones ácidas facilitarían la disolución de los posibles fosfatos detríticos que proporcionarían el fósforo y otra serie de cationes, y que a su vez favorecerían la precipitación como APS ricos en Sr. No obstante queda por establecer que procesos pudieron desencadenar la disminución en los valores de pH durante la formación de estos minerales, y su posible relación con los cambios que tuvieron lugar durante la transición Pérmico-Triásico en el área de estudio.

En algunos sedimentos detríticos aparecen partículas nodulares con formas redondeadas y ovaladas de tamaño inferior a 500µm, pudiendo presentar en algunas zonas superficies policristalinas con cristales de APS del tamaño antes citado. Ciertos investigadores y prospectores del siglo XIX las denominaban “frijoles” por lo parecido a estas semillas en cuanto a su forma.

Estas partículas nodulares son las que hemos identificado y estudiado en los sedimentos detríticos del Mioceno de la fosa Neógena del Vallès-Penedès.

Con los resultados obtenidos del estudio de la distribución los afloramientos, así como con los datos analíticos obtenidos de las partículas, los materiales del Triásico apuntaban como posibles áreas fuente. De todos los ambientes de formación, el que en un principio consideramos que se ajustaba más, era el nivel de arcillas y areniscas de la base de la Facies Buntsandstein, aún más teniendo en cuenta que (Berrenechea *et al.*, 2006), en el estudio antes citado, las habían situado en un perfil laterítico en la base de esta misma facies. Podíamos estar ante una situación muy similar entre la base del Buntsandstein y los materiales paleozoicos de la Cordillera Prelitoral. El ambiente de formación más probable en estos niveles inferiores, sería el de su formación dentro de un suelo laterítico, con un posterior enriquecimiento supergénico y al principio de la diagénesis, descansando estos niveles de forma discordante sobre una superficie relativamente plana conformada por los materiales paleozoicos.

Se deciden unos puntos para recoger muestras de estos niveles (Tabla 18) - (Fig.77) y (Plano de situación en pag. 394).

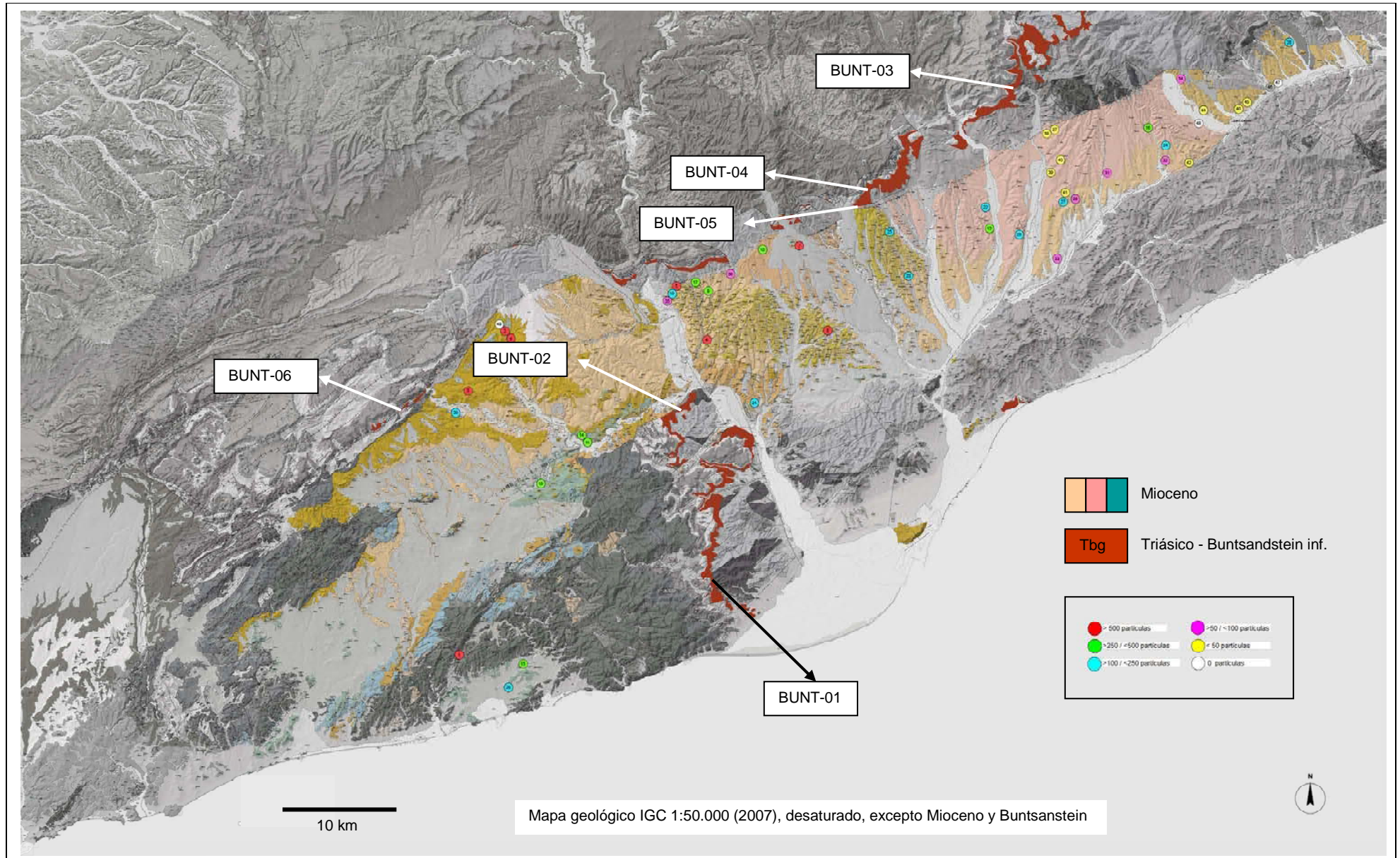
Estas muestras, una vez procesadas y analizadas han dado resultados positivos con una alta presencia de minerales APS.

Tabla 18: Relación de los afloramientos donde se han obtenido las muestras

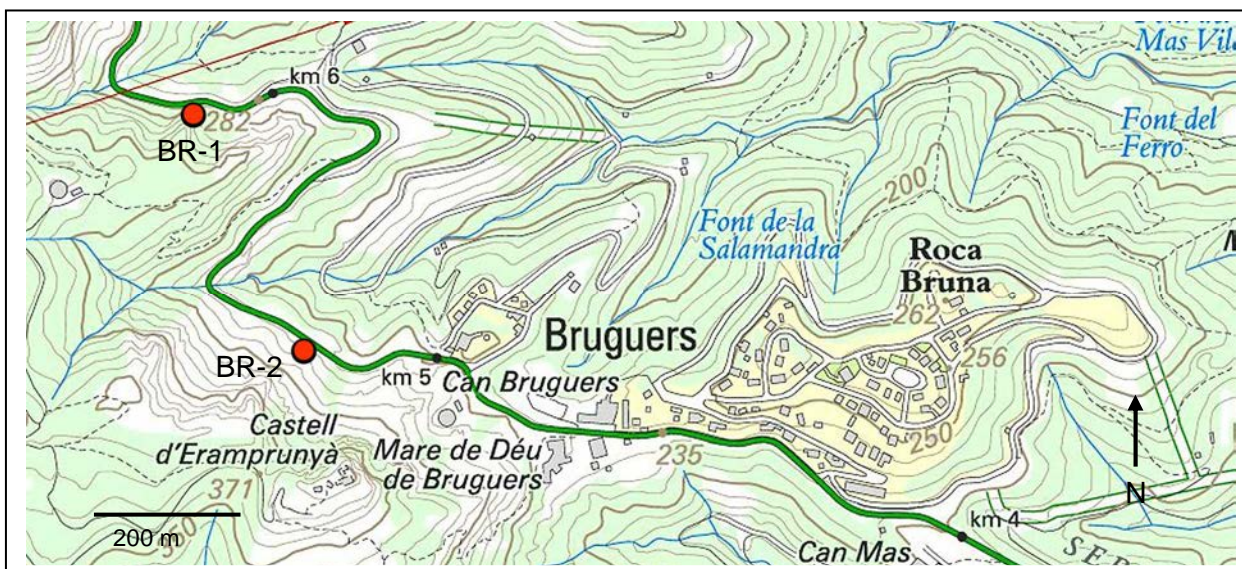
| Afloramiento | Nombre afloramiento | Muestra | UTMX | UTMY | Peso gr | Edad |
|--------------|----------------------|---------|---------|----------|---------|--|
| BUNT-01 | Bruguers | BR-1 | 412420E | 4574724N | 8450 | Triásico inferior Facies Buntsandstein Lectura en IGC 1:50.000 Tbg-Tbc |
| | | BR-2 | 412696E | 4574338N | 7550 | |
| BUNT-02 | Martorell | MA-1 | 410143E | 4590512N | 24600 | |
| BUNT-03 | El Figaró - Montmany | FI-01 | 438785E | 4618297N | 7800 | |
| | | FI-02 | 438917E | 4618365N | 19300 | |
| BUNT-04 | Caldes de Montbui | CM-1 | 428742E | 4610316N | 18010 | |
| | | CM-2 | 428908E | 4610193N | 17950 | |
| BUNT-05 | Castellar del Vallès | CV-1 | 425450E | 4608038N | 10510 | |
| | | CV-2 | 425184E | 4608072N | 12.120 | |
| BUNT-06 | Fontrubi | FR-1 | 382651E | 4588335N | 8.550 | |
| | | FR-2 | 382665E | 4588502N | 9.300 | |

Ver plano de situación en la página 394 (formato A3 desplegable). También incluido en el DVD adjunto a la tesis.

Plano con la situación de los afloramientos muestreados correspondientes a los niveles inferiores de la facies Buntsandstein



Afloramiento: BUNT-01 (Bruguers)



Localización: NNE de Bruguers, ctra. BV-2041, km 5 y 6.

Muestras:

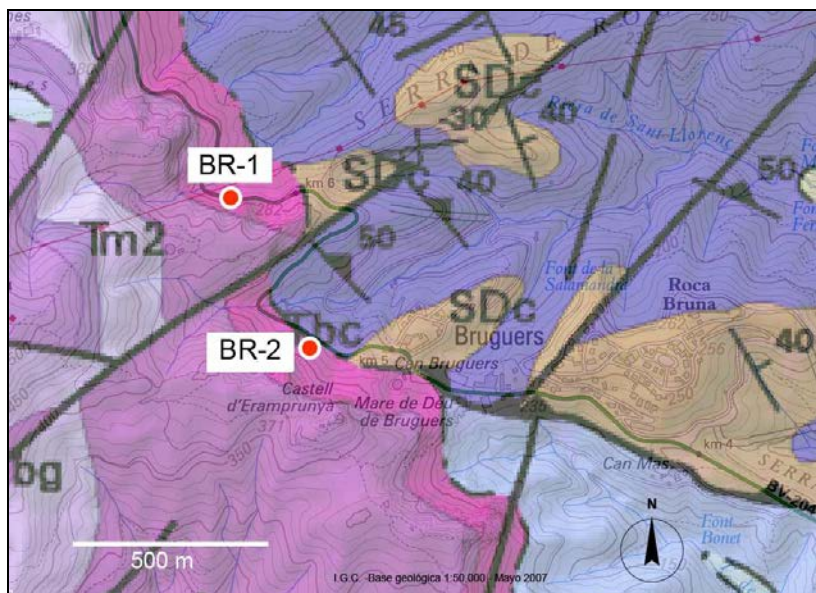
BR-1 (Fig. 1)
UTMX: 458893E
UTMY: 4617141N

BR-2 (Fig. 2)
UTMX: 458905E
UTMY: 4617158N

Fecha de obtención: 21/04/2013

Edad: Triásico
Facies: *Buntsandstein inferior*

Legenda: I.G.C. (ver pag. xx)



Mapa geológico del afloramiento con la situación de las muestras BR-1 y BR-2



Fig.1: Muestra BR-1. Obtención selectiva. Peso 8.560 gr. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein inferior*.



Fig.2: Muestra BR-2. Obtención selectiva. Peso 7.560 gr. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein inferior*.

Se han unificado las partículas de minerales pesados obtenidas de las muestras BR-1 y BR-2.

Las partículas de minerales APS de este afloramiento han resultado ser atraíbles en el separador Frantz a partir de 0,60 amperios.

Su color es de marrón oscuro a varios tonos de beige. Sus formas son de redondeadas a subredondeadas, en algunas con tendencia ovoide. (Figs.3-4-5-6)

Son más rugosas y algo menos anaranjadas que las correspondientes a los sedimentos miocénicos, presentando zonas policristalinas.

Las hemos separado manualmente de cada fracción granulométrica y rango electromagnético

Sus abundancias estimamos que no superan las 600 partículas por 100kg de muestra selectiva.



Fig.3: Partículas de APS, de tamaño >100 µm recuperadas a 0,60A en el separador Frantz.



Fig.4: Partículas de APS, de tamaño >100 µm recuperadas a 0,80A en el separador Frantz.



Fig.5: Partículas de APS, de tamaño >100 µm recuperadas a 1,00A en el separador Frantz.



Fig.6: Partículas de APS, de tamaño >100 µm recuperadas a 1,30A en el separador Frantz.

Procesos analíticos

Hemos seleccionado 10 partículas (BRU-11, BRU-19 a BRU-27), que una vez situadas sobre un "stub" carbonizado se han procesado por SEM/EDS.

Los cálculos y diagramas realizados son de las mismas características que los aplicados a las partículas del Mioceno..

Composición química obtenida por EDS de las partículas del afloramiento BUNT-01 expresada en A%.

| Partícula | O A% | F A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | K A% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | Ba A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | GdA% | Totales |
|-----------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|---------|
| BRU-11 | 63,34 | 0,00 | 16,56 | 0,00 | 7,46 | 5,66 | 1,35 | 1,02 | 0,72 | 0,00 | 3,46 | 0,00 | 0,11 | 0,31 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| BRU-19 | 59,65 | 0,00 | 15,16 | 5,57 | 7,26 | 3,00 | 0,97 | 2,32 | 2,56 | 0,00 | 2,92 | 0,00 | 0,07 | 0,53 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| BRU-20 | 69,08 | 0,00 | 14,04 | 1,28 | 8,11 | 2,20 | 0,22 | 0,89 | 0,57 | 0,00 | 2,80 | 0,00 | 0,00 | 0,69 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 100,0 |
| BRU-21 | 67,98 | 0,30 | 14,68 | 0,00 | 8,24 | 2,90 | 0,22 | 1,07 | 0,40 | 0,00 | 3,80 | 0,00 | 0,09 | 0,21 | 0,04 | 0,07 | 0,00 | 100,0 |
| BRU-22 | 58,72 | 0,00 | 17,92 | 0,00 | 12,17 | 1,74 | 0,15 | 1,74 | 1,23 | 0,34 | 2,04 | 0,00 | 1,51 | 2,13 | 0,00 | 0,32 | 0,00 | 100,0 |
| BRU-23 | 61,42 | 0,00 | 17,88 | 0,00 | 12,09 | 1,05 | 0,23 | 1,54 | 0,54 | 0,00 | 3,00 | 0,00 | 0,90 | 1,15 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 100,0 |
| BRU-24 | 64,36 | 0,00 | 15,42 | 1,23 | 9,19 | 2,67 | 0,51 | 1,45 | 1,23 | 0,12 | 2,67 | 0,00 | 0,37 | 0,59 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 100,0 |
| BRU-25 | 57,19 | 0,00 | 18,85 | 0,00 | 10,97 | 3,66 | 0,47 | 1,63 | 0,97 | 0,00 | 4,55 | 0,00 | 0,55 | 1,15 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| BRU-26 | 63,02 | 0,00 | 16,70 | 0,00 | 8,57 | 4,44 | 0,92 | 1,11 | 1,20 | 0,00 | 2,71 | 0,00 | 0,25 | 1,08 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| BRU-27 | 62,00 | 0,00 | 16,41 | 1,14 | 11,64 | 1,37 | 0,05 | 2,45 | 0,73 | 0,00 | 2,49 | 0,00 | 1,19 | 0,00 | 0,00 | 0,52 | 0,00 | 100,0 |

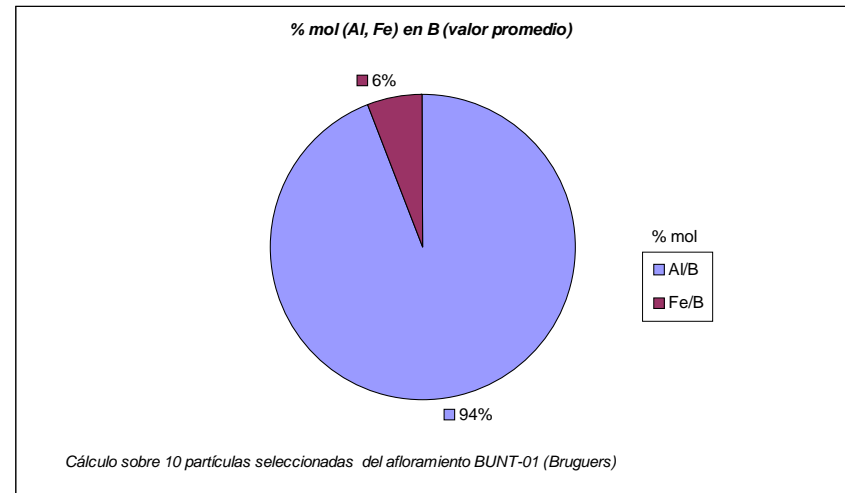
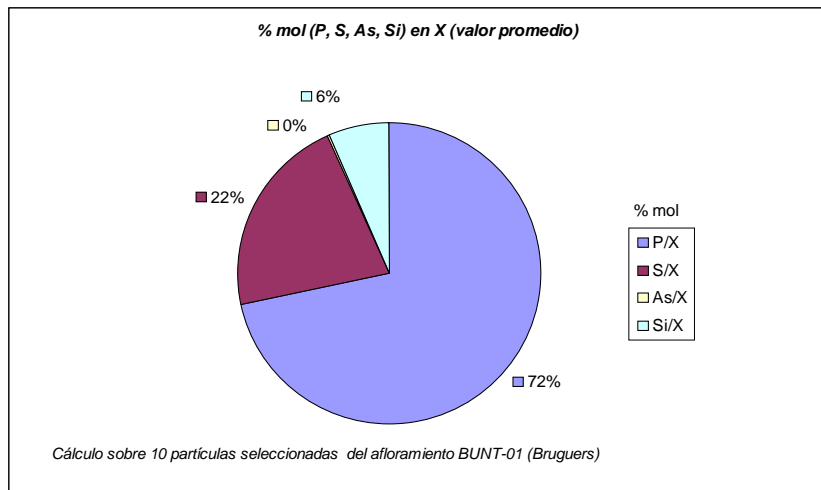
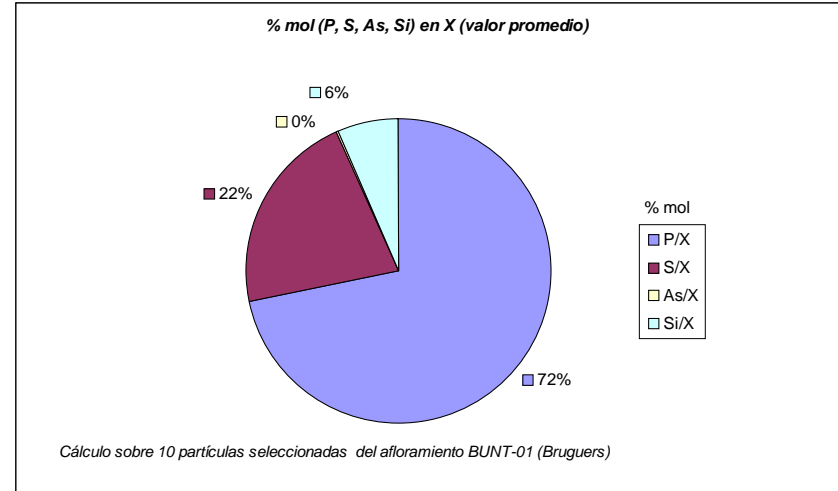
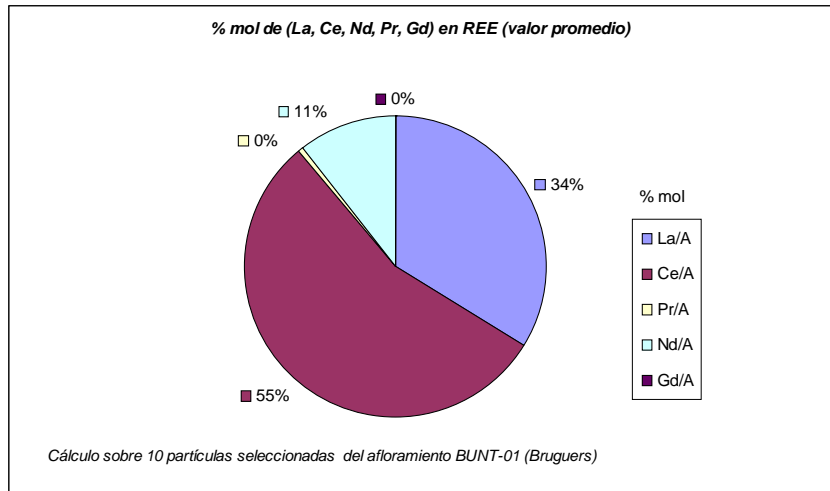
Cálculo del % mol que ocupa cada elemento en su fracción de la fórmula general

Cálculo del elemento predominante en el sitio A (en A%)

→ Sr REE

| Partícula | % mol | | | | | | | | | | | | | | | | | A% | |
|-----------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|-------|-----------|----------|----------|
| | P/X | S/X | As/X | Si/X | Al/B | Fe/B | Ca/A | Sr/A | Ba/A | K/A | La/A | Ce/A | Pr/A | Nd/A | Gd/A | Ree/A | (A-REE)/A | (Sr-REE) | (Sr-Ca) |
| BRU-11 | 56,86 | 43,14 | 0,00 | 0,00 | 95,83 | 4,17 | 16,32 | 55,36 | 0,00 | 21,60 | 1,76 | 4,96 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 6,72 | 93,28 | 3,04 | 2,440 |
| BRU-19 | 45,86 | 18,95 | 0,00 | 35,19 | 85,55 | 14,45 | 34,07 | 42,88 | 0,00 | 14,24 | 1,03 | 7,78 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 8,81 | 91,19 | 2,32 | 0,600 |
| BRU-20 | 69,97 | 18,98 | 0,00 | 11,04 | 96,10 | 3,90 | 18,78 | 59,07 | 0,00 | 4,64 | 0,00 | 14,56 | 0,00 | 2,95 | 0,00 | 17,51 | 82,49 | 1,97 | 1,910 |
| BRU-21 | 73,97 | 26,03 | 0,00 | 0,00 | 97,35 | 2,65 | 19,45 | 69,09 | 0,00 | 4,00 | 1,64 | 3,82 | 0,73 | 1,27 | 0,00 | 7,45 | 92,55 | 3,39 | 2,730 |
| BRU-22 | 85,40 | 12,21 | 2,39 | 0,00 | 93,58 | 6,42 | 22,05 | 25,86 | 0,00 | 1,90 | 19,14 | 27,00 | 0,00 | 4,06 | 0,00 | 50,19 | 49,81 | -1,92 | 0,300 |
| BRU-23 | 92,01 | 7,99 | 0,00 | 0,00 | 97,07 | 2,93 | 21,91 | 42,67 | 0,00 | 3,27 | 12,80 | 16,36 | 0,00 | 2,99 | 0,00 | 32,15 | 67,85 | 0,74 | 1,460 |
| BRU-24 | 69,57 | 20,21 | 0,91 | 9,31 | 92,61 | 7,39 | 25,04 | 46,11 | 0,00 | 8,81 | 6,39 | 10,19 | 0,00 | 3,45 | 0,00 | 20,03 | 79,97 | 1,51 | 1,220 |
| BRU-25 | 74,98 | 25,02 | 0,00 | 0,00 | 95,11 | 4,89 | 19,52 | 54,49 | 0,00 | 5,63 | 6,59 | 13,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 20,36 | 79,64 | 2,85 | 2,920 |
| BRU-26 | 65,87 | 34,13 | 0,00 | 0,00 | 93,30 | 6,70 | 18,29 | 44,65 | 0,00 | 15,16 | 4,12 | 17,79 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 21,91 | 78,09 | 1,38 | 1,600 |
| BRU-27 | 82,26 | 9,68 | 0,00 | 8,06 | 95,74 | 4,26 | 36,57 | 37,16 | 0,00 | 0,75 | 17,76 | 0,00 | 0,00 | 7,76 | 0,00 | 25,52 | 74,48 | 0,78 | 0,040 |
| | 71,68 | 21,63 | 0,33 | 6,36 | 94,22 | 5,78 | 23,20 | 47,73 | 0,00 | 8,00 | 7,12 | 11,62 | 0,07 | 2,25 | 0,00 | 21,07 | 78,93 | → | Promedio |
| | 12,87 | 10,41 | 0,74 | 10,52 | 3,26 | 3,26 | 6,49 | 11,58 | 0,00 | 6,49 | 6,68 | 7,53 | 0,22 | 2,39 | 0,00 | 12,44 | 12,44 | → | Desvest |

Gráficos circulares que representan para el conjunto de todas las partículas de BUNT-01 el porcentaje del % mol de cada uno de los elementos que conforman los sitios X, B y A de la fórmula general.



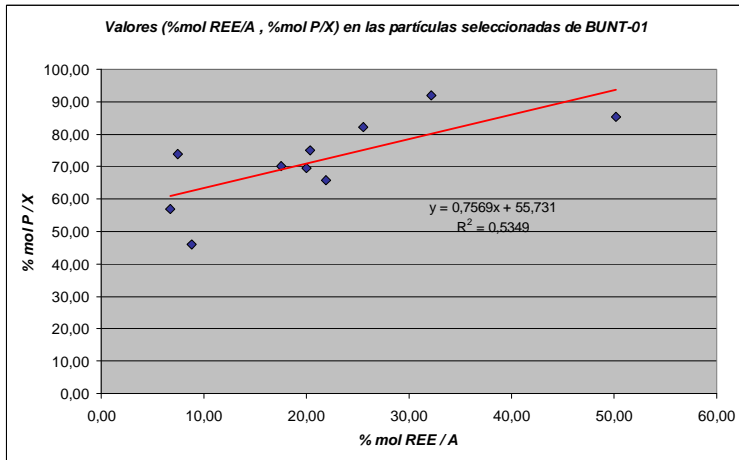
Composición química de las partículas del afloramiento Bunt-01, expresada en número de átomos por fórmula unitaria en base a X=2

| Partícula | F | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|
| BRU-11 | 0,00 | 1,14 | 0,86 | 0,00 | 0,00 | 2,52 | 0,11 | 0,21 | 0,16 | 0,53 | 0,00 | 0,02 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,95 | 2,63 | 2,00 | 4,53 |
| BRU-19 | 0,00 | 0,92 | 0,38 | 0,00 | 0,70 | 1,92 | 0,32 | 0,12 | 0,29 | 0,37 | 0,00 | 0,01 | 0,07 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,86 | 2,24 | 2,00 | 2,07 |
| BRU-20 | 0,00 | 1,40 | 0,38 | 0,00 | 0,22 | 2,42 | 0,10 | 0,04 | 0,15 | 0,48 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,82 | 2,52 | 2,00 | 3,46 |
| BRU-21 | 0,05 | 1,48 | 0,52 | 0,00 | 0,00 | 2,64 | 0,07 | 0,04 | 0,19 | 0,68 | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,00 | 0,99 | 2,71 | 2,00 | 4,65 |
| BRU-22 | 0,00 | 1,71 | 0,24 | 0,05 | 0,00 | 2,52 | 0,17 | 0,02 | 0,24 | 0,29 | 0,00 | 0,21 | 0,30 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 1,11 | 2,69 | 2,00 | 5,06 |
| BRU-23 | 0,00 | 1,84 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 2,72 | 0,08 | 0,04 | 0,23 | 0,46 | 0,00 | 0,14 | 0,18 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 1,07 | 2,80 | 2,00 | 5,02 |
| BRU-24 | 0,00 | 1,39 | 0,40 | 0,02 | 0,19 | 2,33 | 0,19 | 0,08 | 0,22 | 0,40 | 0,00 | 0,06 | 0,09 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,88 | 2,52 | 2,00 | 3,63 |
| BRU-25 | 0,00 | 1,50 | 0,50 | 0,00 | 0,00 | 2,58 | 0,13 | 0,06 | 0,22 | 0,62 | 0,00 | 0,08 | 0,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,14 | 2,71 | 2,00 | 5,08 |
| BRU-26 | 0,00 | 1,32 | 0,68 | 0,00 | 0,00 | 2,57 | 0,18 | 0,14 | 0,17 | 0,42 | 0,00 | 0,04 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,93 | 2,75 | 2,00 | 4,87 |
| BRU-27 | 0,00 | 1,65 | 0,19 | 0,00 | 0,16 | 2,32 | 0,10 | 0,01 | 0,35 | 0,35 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,00 | 0,95 | 2,42 | 2,00 | 3,43 |

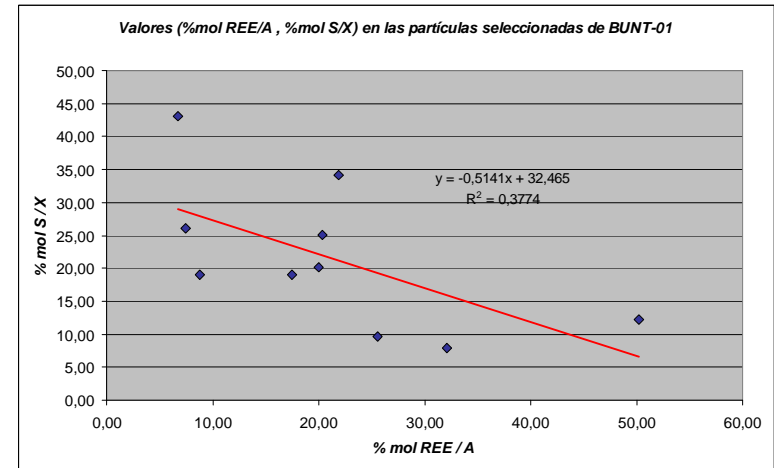
Fórmulas estructurales calculadas para cada partícula

| | | | | | | | |
|---------|--|--------|--|--------|--|--------|--|
| BRU-11: | (K _{0,21} Ca _{0,16} Sr _{0,53} Ba _{0,00} La _{0,02} Ce _{0,05} Pr _{0,00} Nd _{0,00} Gd _{0,00}) | Σ 0,95 | (Al _{2,52} Fe _{0,11}) | Σ 2,63 | (P _{1,14} S _{0,86} As _{0,00} Si _{0,00}) | Σ 2,00 | (OH _{4,53}) H ₂ O |
| BRU-19: | (K _{0,12} Ca _{0,29} Sr _{0,37} Ba _{0,00} La _{0,01} Ce _{0,07} Pr _{0,00} Nd _{0,00} Gd _{0,00}) | Σ 0,86 | (Al _{1,92} Fe _{0,32}) | Σ 2,24 | (P _{0,92} S _{0,38} As _{0,00} Si _{0,00}) | Σ 2,00 | (OH _{2,07}) H ₂ O |
| BRU-20: | (K _{0,04} Ca _{0,15} Sr _{0,48} Ba _{0,00} La _{0,00} Ce _{0,12} Pr _{0,00} Nd _{0,02} Gd _{0,00}) | Σ 0,82 | (Al _{2,42} Fe _{0,10}) | Σ 2,52 | (P _{1,40} S _{0,38} As _{0,00} Si _{0,22}) | Σ 2,00 | (OH _{3,46}) H ₂ O |
| BRU-21: | (K _{0,04} Ca _{0,19} Sr _{0,68} Ba _{0,00} La _{0,02} Ce _{0,04} Pr _{0,01} Nd _{0,01} Gd _{0,00}) | Σ 0,99 | (Al _{2,64} Fe _{0,07}) | Σ 2,71 | (P _{1,48} S _{0,52} As _{0,00} Si _{0,00}) | Σ 2,00 | (F _{0,05} OH _{4,65}) H ₂ O |
| BRU-22: | (K _{0,02} Ca _{0,24} Sr _{0,29} Ba _{0,00} La _{0,21} Ce _{0,30} Pr _{0,00} Nd _{0,04} Gd _{0,00}) | Σ 1,11 | (Al _{2,52} Fe _{0,17}) | Σ 2,69 | (P _{1,71} S _{0,24} As _{0,05} Si _{0,00}) | Σ 2,00 | (OH _{5,06}) H ₂ O |
| BRU-23: | (K _{0,04} Ca _{0,23} Sr _{0,46} Ba _{0,00} La _{0,14} Ce _{0,18} Pr _{0,00} Nd _{0,03} Gd _{0,00}) | Σ 1,07 | (Al _{2,72} Fe _{0,08}) | Σ 2,80 | (P _{1,84} S _{0,16} As _{0,00} Si _{0,00}) | Σ 2,00 | (OH _{5,02}) H ₂ O |
| BRU-24: | (K _{0,08} Ca _{0,22} Sr _{0,40} Ba _{0,00} La _{0,06} Ce _{0,09} Pr _{0,00} Nd _{0,03} Gd _{0,00}) | Σ 0,88 | (Al _{2,33} Fe _{0,19}) | Σ 2,52 | (P _{1,39} S _{0,40} As _{0,02} Si _{0,19}) | Σ 2,00 | (OH _{3,63}) H ₂ O |
| BRU-25: | (K _{0,06} Ca _{0,22} Sr _{0,62} Ba _{0,00} La _{0,08} Ce _{0,16} Pr _{0,00} Nd _{0,00} Gd _{0,00}) | Σ 1,14 | (Al _{2,58} Fe _{0,13}) | Σ 2,71 | (P _{1,50} S _{0,50} As _{0,00} Si _{0,00}) | Σ 2,00 | (OH _{5,08}) H ₂ O |
| BRU-26: | (K _{0,14} Ca _{0,17} Sr _{0,42} Ba _{0,00} La _{0,04} Ce _{0,17} Pr _{0,00} Nd _{0,00} Gd _{0,00}) | Σ 0,93 | (Al _{2,57} Fe _{0,18}) | Σ 2,75 | (P _{1,32} S _{0,68} As _{0,00} Si _{0,00}) | Σ 2,00 | (OH _{4,87}) H ₂ O |
| BRU-27: | (K _{0,01} Ca _{0,35} Sr _{0,35} Ba _{0,00} La _{0,17} Ce _{0,00} Pr _{0,00} Nd _{0,07} Gd _{0,00}) | Σ 0,95 | (Al _{2,32} Fe _{0,10}) | Σ 3,24 | (P _{1,58} S _{0,36} As _{0,00} Si _{0,06}) | Σ 2,00 | (OH _{3,43}) H ₂ O |

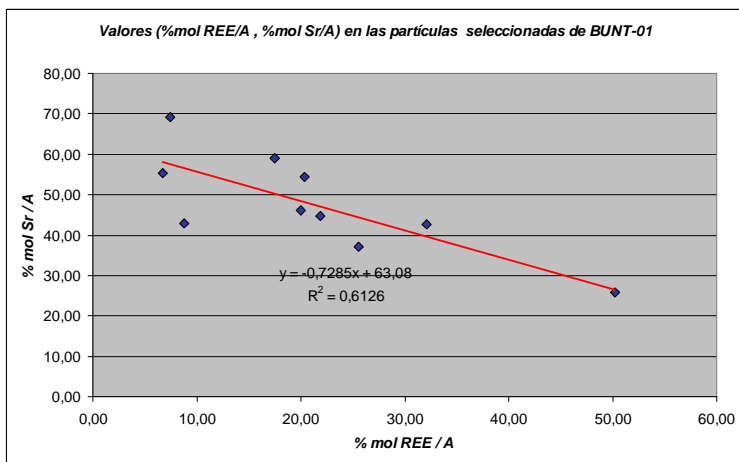
Gráficos de dispersión donde se comparan los valores obtenidos de % mol REE/A con los de (% mol P/X, %mol S/X, %mol As/X), (% mol Sr/A, % mol Ca/A, % mol K/A y % mol (A-REE)/A de BUT-01. Se han elaborado para observar los posibles grados de sustitución y su línea de tendencia.



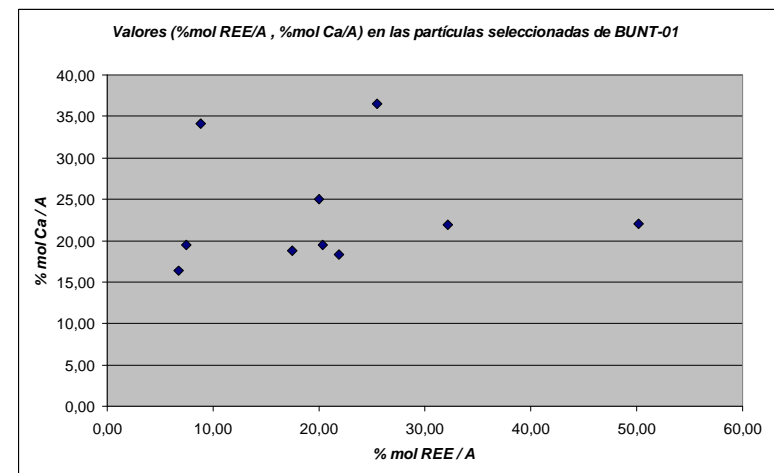
Partículas con tendencia lineal: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol P/X)



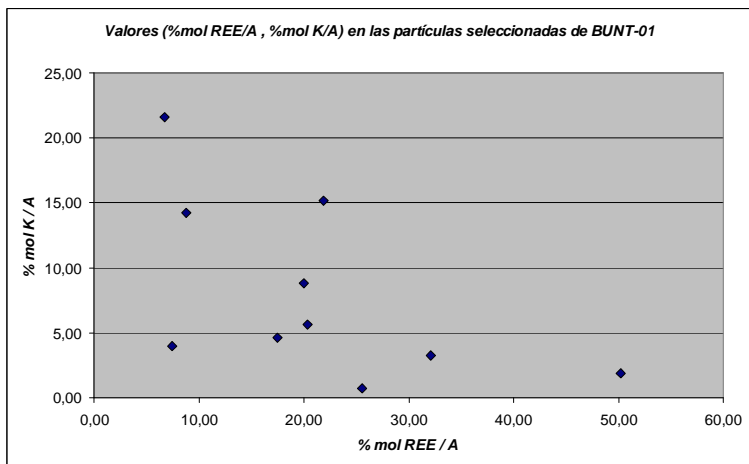
Partículas con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol S/X)



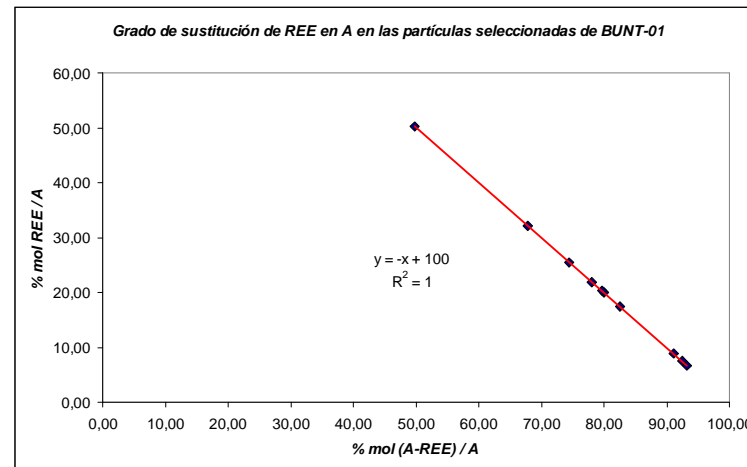
Partículas con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Sr/A)



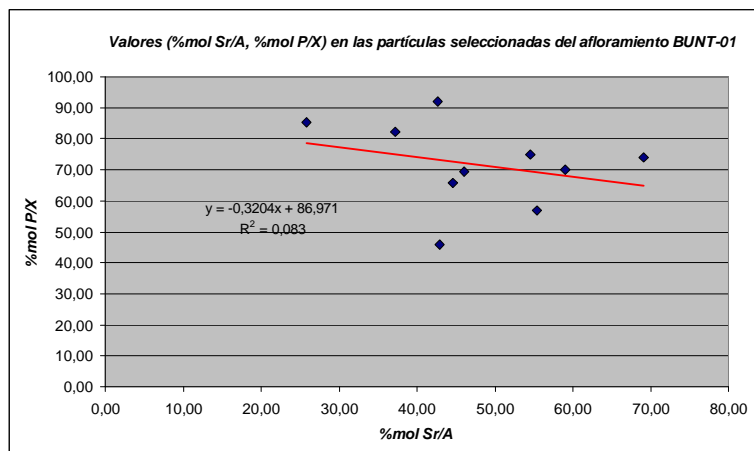
Valores %mol REE/A, %mol Ca/A) sin tendencia aparente



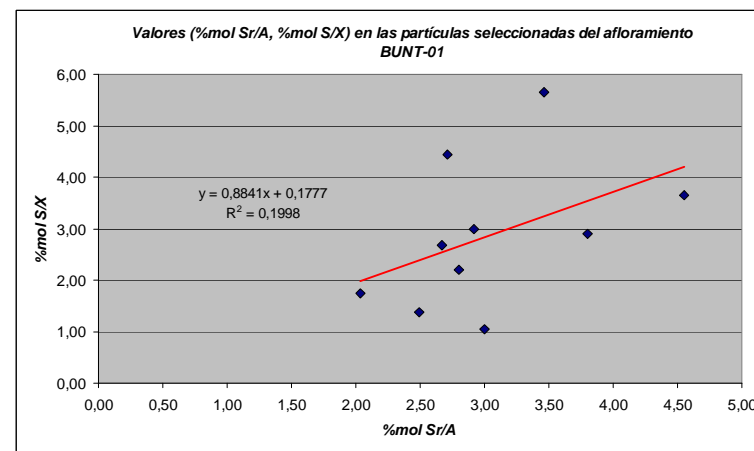
Valores (%mol REE/A, %mol K/A) sin tendencia aparente



Distribución valores [%mol (A-REE)/A, %mol REE/A] en perfecta tendencia lineal



Tendencia lineal mayoritaria: - Δ (%mol Sr/A) ↔ +Δ (%mol P/X)



Tendencia lineal mayoritaria: + Δ (%mol Sr/A) ↔ +Δ (%mol S/X)

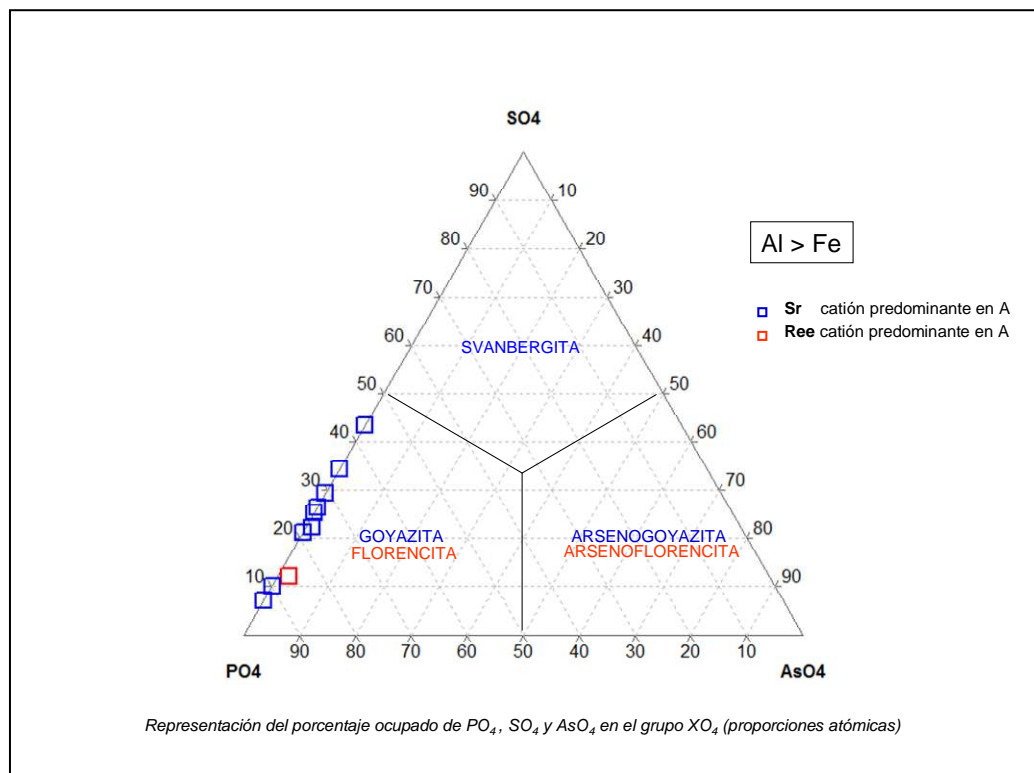
Clasificación mineralógica de las partículas del afloramiento BUNT-01, de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999).

Muestras BR1 + BR2

Partículas: BRU - (11, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27)

Participación en %A de SO₄, PO₄ y AsO₄ en el sitio X y catión predominante en A.

| Partículas | %SO ₄ | %PO ₄ | %AsO ₄ | Predominio |
|------------|------------------|------------------|-------------------|------------|
| BRU-11 | 43,140 | 56,860 | 0,000 | Sr |
| BRU-19 | 29,240 | 70,760 | 0,000 | Sr |
| BRU-20 | 21,339 | 78,661 | 0,000 | Sr |
| BRU-21 | 26,032 | 73,968 | 0,000 | Sr |
| BRU-22 | 12,211 | 85,404 | 2,386 | REE |
| BRU-23 | 7,991 | 92,009 | 0,000 | Sr |
| BRU-24 | 22,287 | 76,711 | 1,002 | Sr |
| BRU-25 | 25,017 | 74,983 | 0,000 | Sr |
| BRU-26 | 34,128 | 65,872 | 0,000 | Sr |
| BRU-27 | 10,530 | 89,470 | 0,000 | Sr |



Todas las partículas analizadas con predominio de Sr se sitúan en el sector de la goyazita, excepto la partícula BRU-22 con REE (Ce) predominante, que se sitúa en el sector de la florencita (Ce).

Descripción y análisis de las superficies policristalinas de las partículas BRU-21 y BRU-19

El estudio mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) sobre una superficie policristalina de la partícula BRU-21, nos indica que los APS se presentan como cristales idiomorfos pseudocúbicos, mostrando en sus caras peldaños de crecimiento (*Fig. 7*).

La homogeneidad en el tamaño de los cristales y la presencia de peldaños de crecimiento indican una elevada tasa de nucleación y un período de crecimiento relativamente corto. Su precipitación debió tener lugar poco después de la sedimentación o durante la diagénesis temprana (Berrenechea *et al.*, 2006).

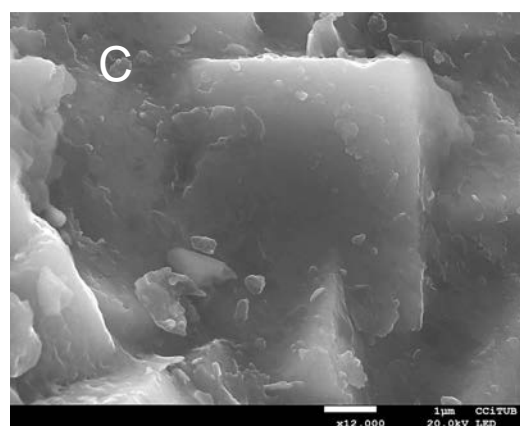
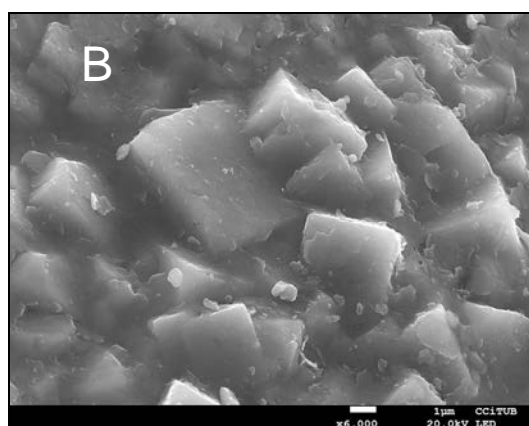
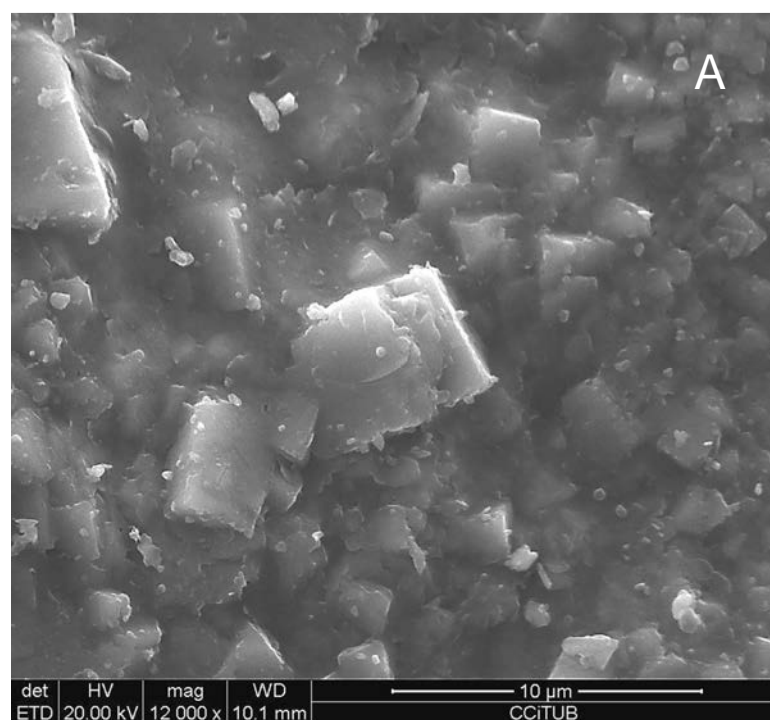


Fig. 7: Imágenes obtenidas mediante SEM de los cristales de APS de BRU-21. (A) Grupo de cristales con presencia de peldaños de crecimiento en las caras. (B)-(C) Detalle de los cristales, cuyo tamaño no es superior a las 5 micras.

El estudio sobre la superficie policristalina de la partícula BRU-19, nos indica la presencia de cristales idiomórfos pseudocúbicos al igual que en la BRU-21, también moldes de cristales y otros cristales APS (Figs. 8 y 9).

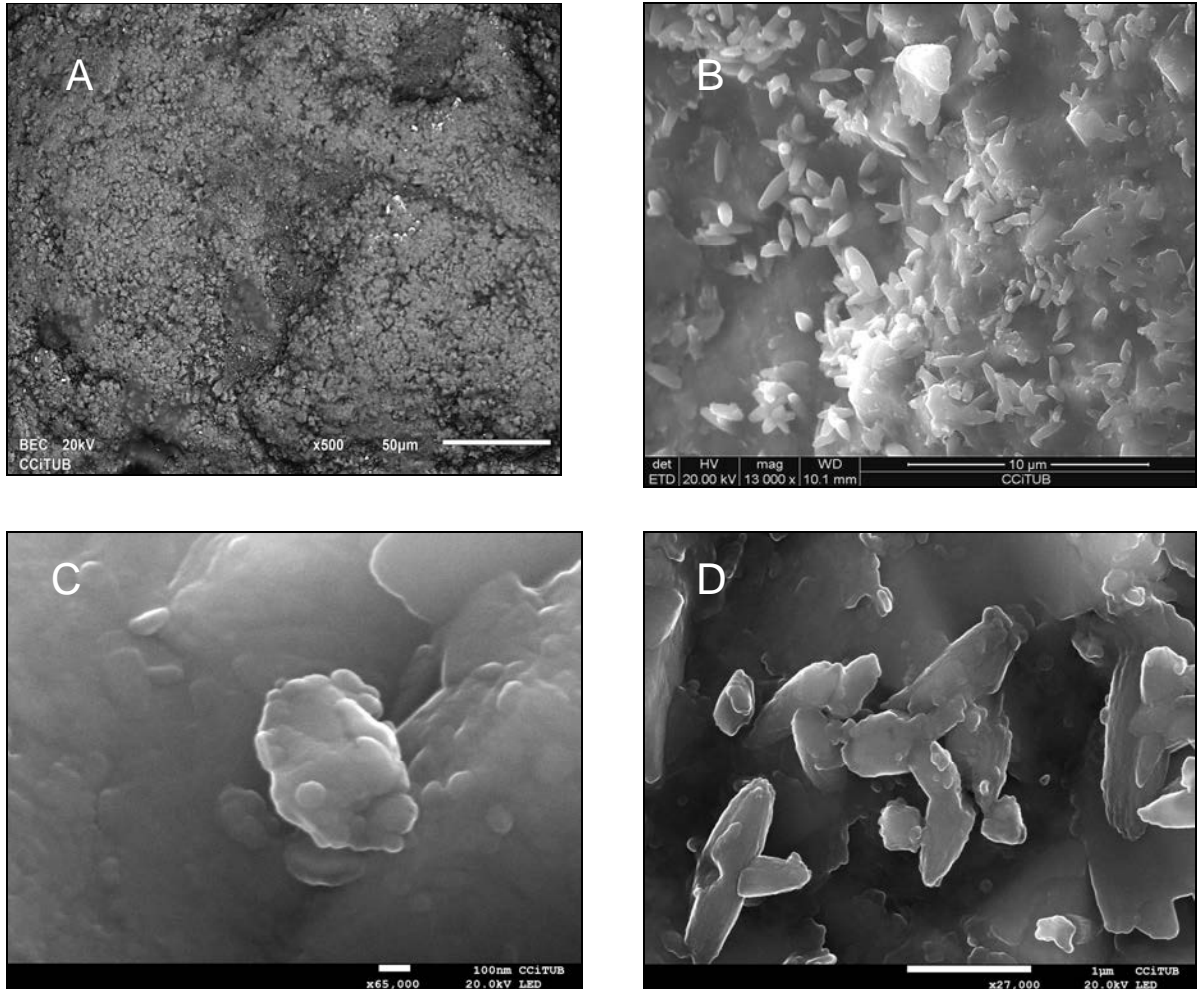


Fig.8: Imágenes obtenidas mediante SEM de los cristales de APS de BRU-19. (A) Aspecto de una superficie policristalina. (B) En el fondo moldes de cristales de APS, delante cristales de APS (C) Detalle de los moldes de APS. (D) Detalle de los cristales.

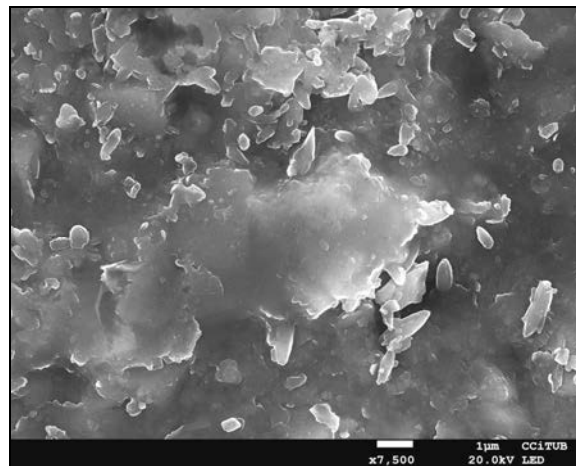


Fig.9: Detalle de núcleos de minerales APS en formación

Se obtienen por EDS (*Tablas 1 y 2*) las composiciones de las superficies policristalinas antes descritas y se identifican los minerales que las componen. (*Tablas 3 y 4*)

Tabla 1 - Análisis correspondientes a los cristales APS de BRU-21

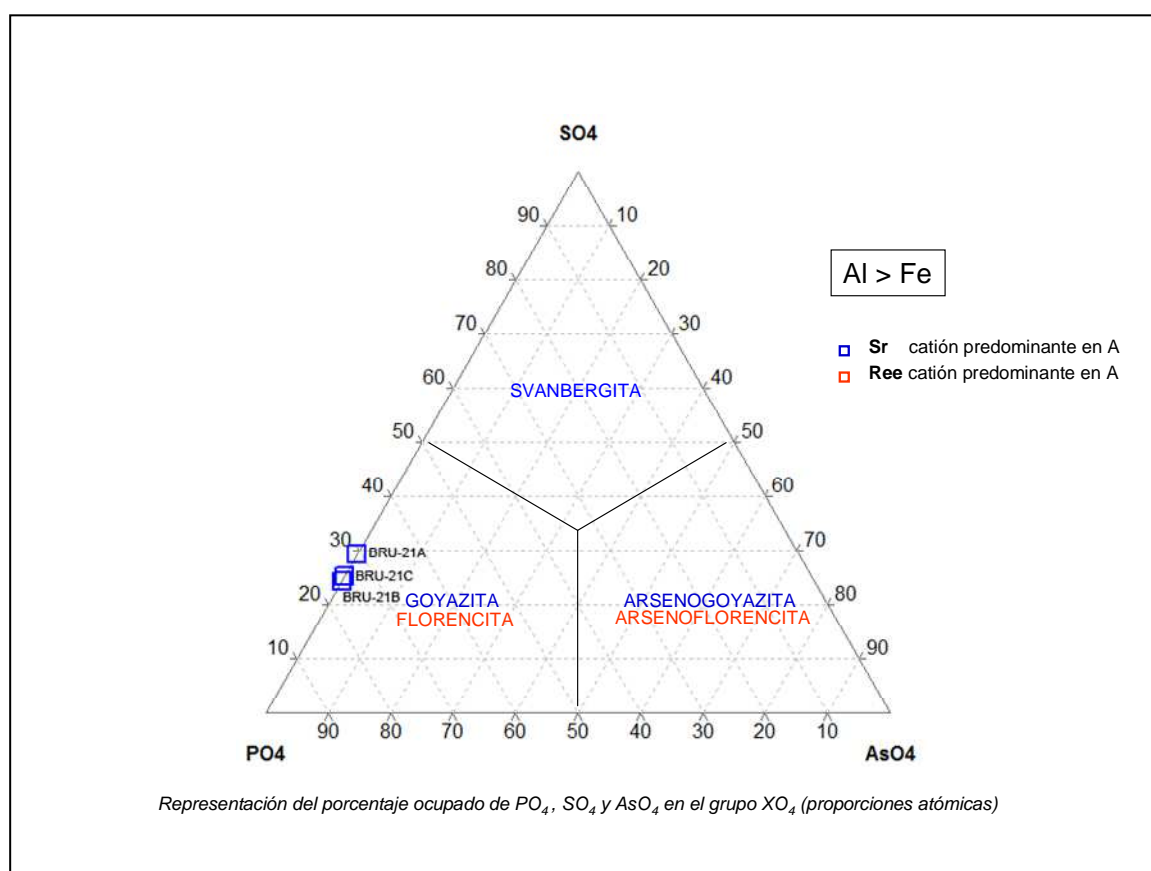
| Elemento | Sectores policristalinos analizados | | | | | |
|----------|-------------------------------------|-------|---------|-------|---------|-------|
| | BRU-21A | | BRU-21B | | BRU-21C | |
| | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% |
| O K | 45,79 | 66,49 | 54,93 | 73,08 | 52,21 | 69,97 |
| Al K | 17,72 | 15,34 | 15,52 | 12,2 | 16,7 | 13,28 |
| Si K | - | - | - | - | - | - |
| P K | 10,97 | 8,29 | 10,14 | 6,94 | 11 | 7,61 |
| S K | 4,73 | 3,42 | 3,34 | 2,21 | 3,98 | 2,66 |
| K K | 0,64 | 0,45 | - | - | - | - |
| Ca K | 1,90 | 1,11 | 1,46 | 0,77 | 1,9 | 1,02 |
| Fe K | 1,38 | 0,58 | 0,87 | 0,33 | 0,75 | 0,29 |
| As L | 0,24 | 0,08 | - | - | - | - |
| Sr L | 13,84 | 3,70 | 11,43 | 2,77 | 11,33 | 2,77 |
| Ba L | 0,22 | 0,04 | - | - | - | - |
| La L | 0,56 | 0,09 | - | - | - | - |
| Ce L | 1,24 | 0,20 | 0,93 | 0,14 | - | - |
| Nd L | 0,33 | 0,06 | - | - | - | - |
| Pr L | 0,13 | 0,02 | - | - | - | - |
| Gd L | 0,23 | 0,03 | - | - | - | - |
| F K | 0,08 | 0,10 | 1,38 | 1,56 | 2,13 | 2,4 |
| Totales | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |

Tabla 2 - Análisis correspondientes a los cristales APS de BRU-19

| Elemento | Sectores policristalinos analizados | | | | | | | | | |
|----------|-------------------------------------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| | BRU-19A | | BRU-19B | | BRU-19C | | BRU-19D | | BRU-19E | |
| | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% | Wt% | A% |
| O K | 38,97 | 59,65 | 31,85 | 58,12 | 61,42 | 77,79 | 55,13 | 73,80 | 43,92 | 64,47 |
| Na K | - | - | 0,80 | 1,02 | - | - | - | - | - | - |
| Mg K | 0,33 | 0,33 | 0,73 | 0,88 | - | - | - | - | - | - |
| Al K | 16,70 | 15,16 | 4,41 | 4,77 | 14,84 | 11,15 | 14,12 | 11,21 | 18,42 | 16,03 |
| Si K | 6,38 | 5,57 | 3,89 | 4,04 | - | - | 2,00 | 1,52 | - | - |
| P K | 9,18 | 7,26 | 1,80 | 1,70 | 8,23 | 5,39 | 8,06 | 5,57 | 13,58 | 10,30 |
| S K | 3,92 | 3,00 | 2,46 | 2,24 | 2,82 | 1,78 | 3,13 | 2,09 | 4,51 | 3,30 |
| Cl K | - | - | 0,52 | 0,43 | - | - | - | - | - | - |
| K K | 1,54 | 0,97 | 1,69 | 1,26 | 0,34 | 0,18 | 0,61 | 0,33 | - | - |
| Ca K | 3,26 | 1,99 | 18,30 | 13,33 | 3,38 | 1,71 | 4,61 | 2,46 | 2,44 | 1,43 |
| Fe K | 5,83 | 2,56 | 8,51 | 4,45 | - | - | 1,36 | 0,52 | 0,94 | 0,39 |
| As L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Sr L | 10,46 | 2,92 | 20,39 | 6,79 | 8,24 | 1,91 | 8,83 | 2,16 | 13,50 | 3,62 |
| La L | 0,39 | 0,07 | 1,25 | 0,26 | - | - | - | - | - | - |
| Ce L | 3,02 | 0,53 | 2,02 | 0,42 | 0,71 | 0,10 | 2,16 | 0,33 | 2,69 | 0,45 |
| Nd L | - | - | 1,37 | 0,28 | - | - | - | - | - | - |
| Pr L | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Tabla 3 - Valores obtenidos (%A) para la clasificación mineralógica en el sector BRU-21 de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999).

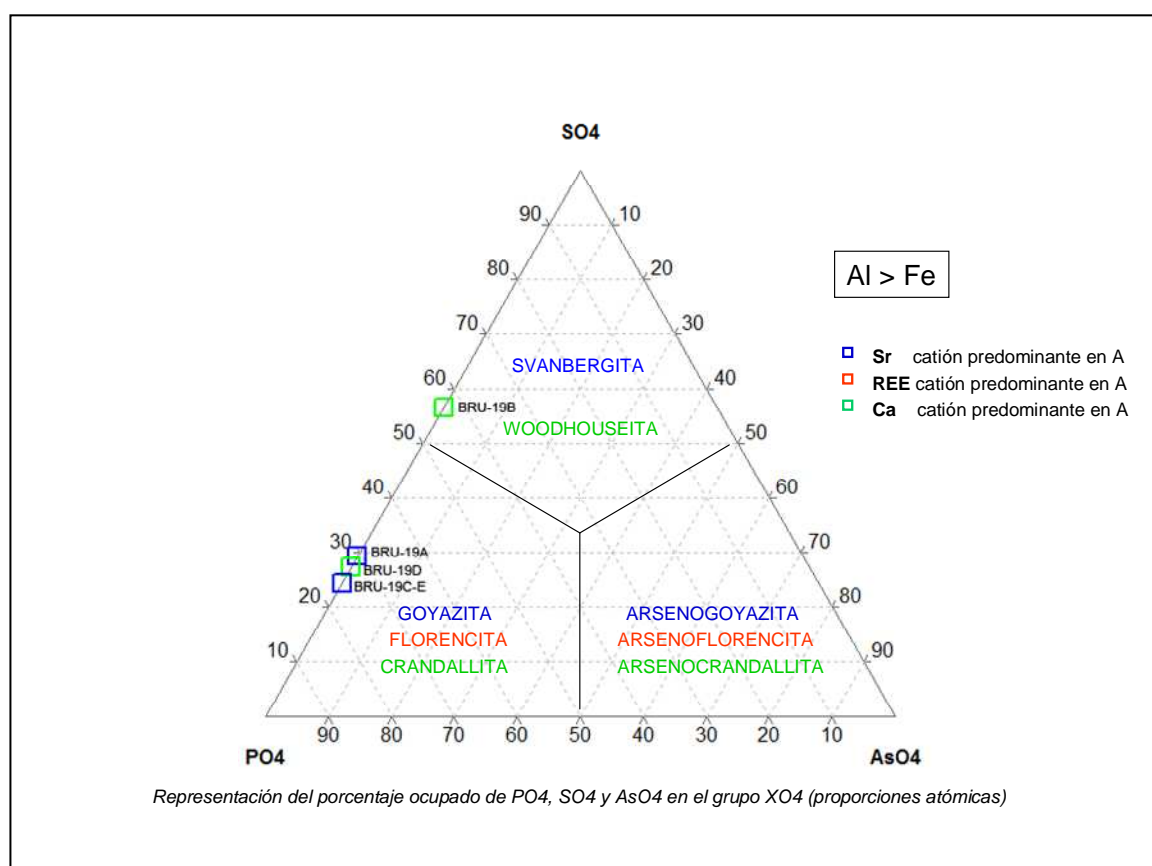
| Sector | BRU-21A | BRU-21B | BRU-21C |
|-------------------|----------|----------|----------|
| %SO ₄ | 29,008 | 24,153 | 25,901 |
| %PO ₄ | 70,314 | 75,847 | 74,099 |
| %AsO ₄ | 0,679 | 0,000 | 0,000 |
| Predominio | Sr | Sr | Sr |
| Mineral | Goyazita | Goyazita | Goyazita |



Los análisis de los cristales de minerales APS situados en diferentes zonas de la superficie policristalina de la partícula BRU-21 (BRU-21A, BRU-21B y BRU-21C), todos con predominio de estroncio en A, corresponden a **goyazita**.

Tabla 4 - Valores obtenidos (%A) para la clasificación mineralógica en el sector BRU-21 de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999).

| Sector | BRU-19A | BRU-19B | BRU-19C | BRU-19D | BRU-19E |
|-------------------|----------|--------------|----------|-------------|----------|
| %SO ₄ | 29,240 | 56,853 | 24,826 | 27,285 | 24,265 |
| %PO ₄ | 70,760 | 43,147 | 75,174 | 72,715 | 75,735 |
| %AsO ₄ | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Predominio | Sr | Ca | Sr | Ca | Sr |
| Mineral | Goyazita | Woodhouseita | Goyazita | Crandallita | Goyazita |



Los análisis efectuados en diferentes zonas de la superficie policristalina de la partícula BRU-19, ponen de manifiesto la presencia de diferentes minerales APS (BRU-19A, BRU-19C y BRU-19E) con estroncio dominante en A, se sitúan en el sector correspondiente a *goyazita*. (BRU-19b) con calcio dominante en A y alto contenido de azufre se sitúa en el sector correspondiente a la *woodhouseita*. (BRU-19C) con calcio dominante y una menor proporción de azufre corresponde a *crandallita*. Se pone de manifiesto la variabilidad de composiciones que estas soluciones sólidas pueden presentar en zonas tan próximas y dentro de espacios tan reducidos.

Afloramiento: BUNT-02 (Martorell)



Localización: S.S.E de Martorell,
al N. Casa de la Mina de Plomo.

Muestra:

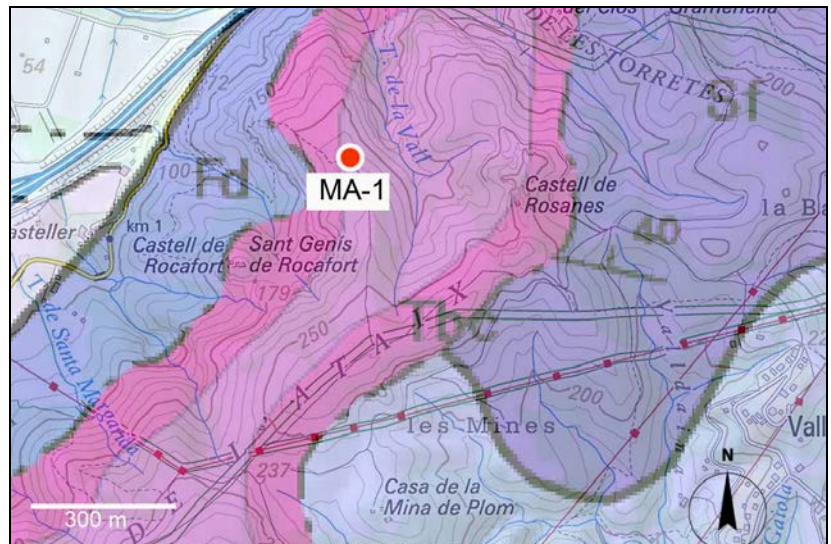
MA-1 (Figs. 1 y 2)

UTMX: 410333E
UTMY: 4591209N

Fecha de obtención: 10/10/2012

Edad: Triásico inferior
Facies: *Buntsandstein*

Leyenda: I.G.C (ver pag. xx)



Mapa geológico del afloramiento BUNT-02 con la situación de la muestra MA-1



Fig.1: Muestra MA-1. Vista del afloramiento. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein* inferior.



Fig.2: Muestra MA-1. Obtención selectiva. Peso 24.600 gr. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein* inferior.

Las partículas de minerales APS de este afloramiento han resultado ser atraíbles en el separador Frantz a partir de 0,45 amperios.

Su color es de marrón en varios tonos hasta beige. Sus formas son redondeadas, siendo abundantes las de forma ovoide. (Figs.3-4-5-6)

Son algo más rugosas y menos anaranjadas que las correspondientes a los sedimentos miocénicos y presentan zonas policristalinas.

Las hemos separado manualmente de cada fracción granulométrica y rango electromagnético

Sus abundancias estimamos que superan las 1200 partículas por 100kg de muestra selectiva.



Fig.3: Partículas de APS, de tamaño >100 µm recuperadas a 0,45A en el separador Frantz.



Fig.4: Partículas de APS, de tamaño >100 µm recuperadas a 0,60A en el separador Frantz.



Fig.5: Partículas de APS, de tamaño >100 µm recuperadas a 0,80A en el separador Frantz.



Fig.6: Partículas de APS, de tamaño >100 µm recuperadas a 1,30A en el separador Frantz.

Procesos analíticos

Hemos seleccionado 13 partículas (MA1-19...MA1-39) que una vez situadas sobre un "stub" carbonizado se han procesado por SEM/EDS.

Los cálculos y diagramas realizados son de las mismas características que los aplicados a las partículas del Mioceno.

Composición química de las partículas del afloramiento BUNT-02 obtenida por EDS y expresada en A%.

| Partícula | O A% | F A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | K A% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | Ba A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | Gd A% | Totales |
|-----------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| MA1-19 | 59,32 | 2,27 | 16,09 | 0,00 | 8,86 | 2,66 | 0,22 | 1,55 | 4,25 | 0,14 | 2,15 | 0,10 | 0,90 | 1,13 | 0,10 | 0,16 | 0,11 | 100,0 |
| MA1-20 | 69,47 | 0,00 | 14,53 | 0,00 | 8,26 | 1,50 | 0,12 | 1,15 | 1,00 | 0,09 | 1,98 | 0,28 | 0,74 | 0,78 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 100,0 |
| MA1-21 | 64,74 | 0,93 | 15,29 | 0,27 | 8,32 | 2,40 | 0,14 | 1,46 | 1,82 | 0,29 | 2,47 | 0,00 | 0,56 | 1,16 | 0,00 | 0,14 | 0,00 | 100,0 |
| MA1-22 | 74,14 | 0,00 | 12,52 | 0,00 | 7,07 | 1,73 | 0,12 | 0,88 | 0,19 | 0,09 | 1,56 | 0,04 | 0,81 | 0,77 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 100,0 |
| MA1-28 | 63,90 | 0,00 | 16,87 | 0,00 | 10,17 | 2,18 | 0,00 | 1,19 | 0,73 | 0,00 | 2,71 | 0,00 | 0,83 | 1,18 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 100,0 |
| MA1-29 | 70,83 | 0,00 | 13,42 | 0,00 | 7,52 | 2,62 | 0,30 | 1,45 | 0,26 | 0,08 | 1,40 | 0,07 | 0,92 | 0,93 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 100,0 |
| MA1-30 | 65,55 | 0,99 | 15,02 | 0,56 | 8,35 | 2,86 | 0,16 | 1,09 | 1,08 | 0,04 | 2,53 | 0,09 | 0,64 | 0,81 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 100,0 |
| MA1-31 | 64,11 | 1,44 | 15,96 | 0,39 | 8,77 | 2,75 | 0,19 | 1,36 | 0,62 | 0,00 | 2,20 | 0,09 | 0,97 | 0,98 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 100,0 |
| MA1-34 | 66,46 | 0,00 | 15,23 | 0,00 | 8,26 | 2,45 | 0,08 | 1,45 | 1,62 | 0,38 | 2,21 | 0,00 | 0,50 | 1,37 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| MA1-35 | 67,95 | 0,00 | 14,94 | 0,00 | 8,53 | 2,11 | 0,13 | 1,27 | 0,87 | 0,26 | 2,33 | 0,00 | 0,69 | 0,93 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| MA1-36 | 59,88 | 0,00 | 17,34 | 0,41 | 10,52 | 3,01 | 0,12 | 1,70 | 1,79 | 0,00 | 2,88 | 0,00 | 0,93 | 1,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| MA1-37 | 60,46 | 0,00 | 17,24 | 0,00 | 9,81 | 3,81 | 0,38 | 1,99 | 1,75 | 0,00 | 1,86 | 0,00 | 1,33 | 1,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| MA0-39 | 68,40 | 0,00 | 14,91 | 0,00 | 8,37 | 2,51 | 0,13 | 0,98 | 0,77 | 0,00 | 2,28 | 0,00 | 0,74 | 0,91 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |

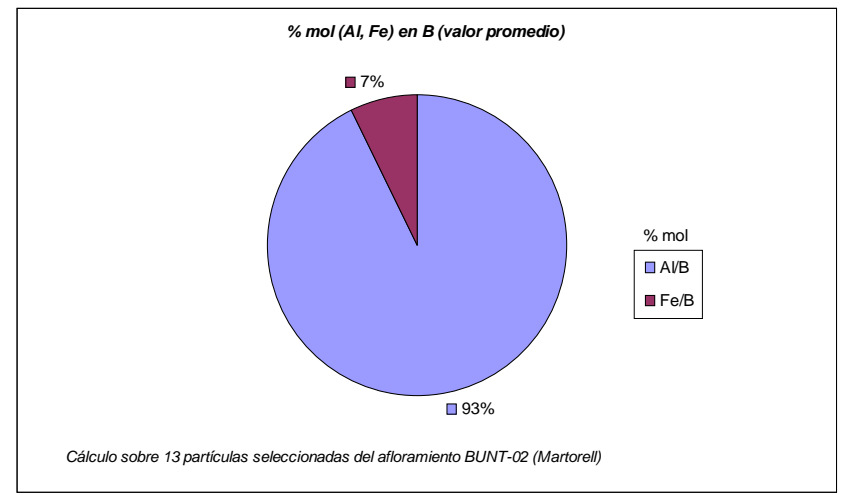
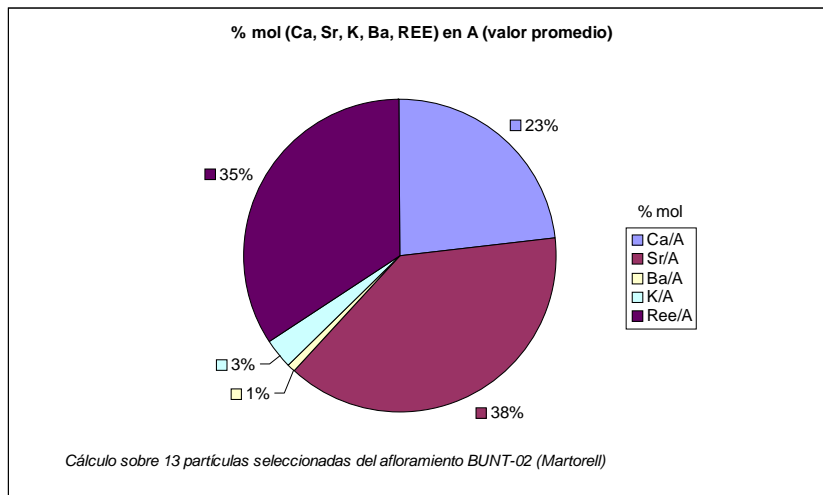
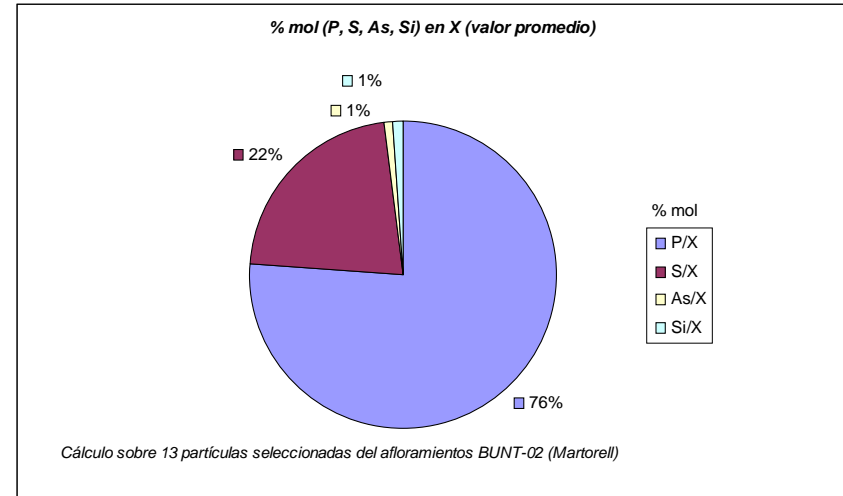
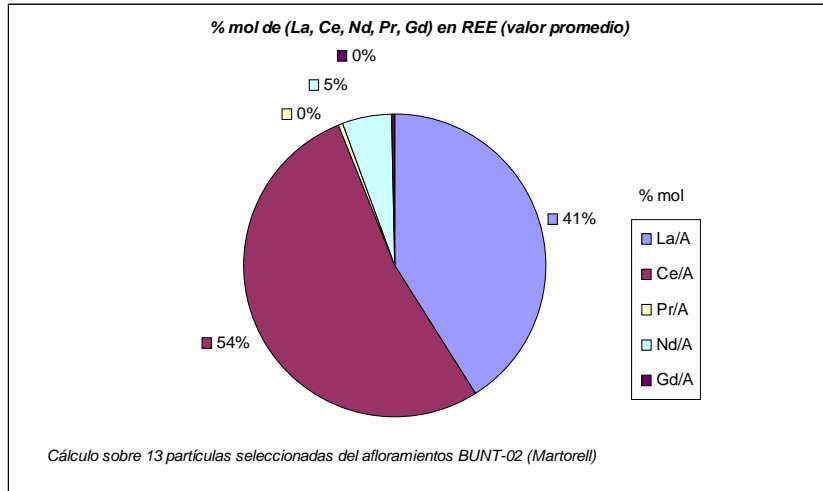
Cálculo del % mol que ocupa cada elemento en su fracción de la fórmula general

Cálculp del elemento predominante en el sitio A (en A%)

→ Sr REE

| Partícula | % mol | | | | | | | | | | | | | | | | | A% | |
|-----------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------|-----------------|
| | P/X | S/X | As/X | Si/X | Al/B | Fe/B | Ca/A | Sr/A | Ba/A | K/A | La/A | Ce/A | Pr/A | Nd/A | Gd/A | Ree/A | (A-Ree)/A | (Sr-REE) | (Sr-Ca) |
| MA1-19 | 75,99 | 22,81 | 1,20 | 0,00 | 79,11 | 20,89 | 24,14 | 33,49 | 1,56 | 3,43 | 14,02 | 17,60 | 1,56 | 2,49 | 1,71 | 37,38 | 62,62 | -0,25 | 0,600 |
| MA1-20 | 83,86 | 15,23 | 0,91 | 0,00 | 93,56 | 6,44 | 22,24 | 38,30 | 5,42 | 2,32 | 14,31 | 15,09 | 0,00 | 2,32 | 0,00 | 31,72 | 68,28 | 0,34 | 0,830 |
| MA1-21 | 73,76 | 21,28 | 2,57 | 2,39 | 89,36 | 10,64 | 24,62 | 41,65 | 0,00 | 2,36 | 9,44 | 19,56 | 0,00 | 2,36 | 0,00 | 31,37 | 68,63 | 0,61 | 1,010 |
| MA1-22 | 79,53 | 19,46 | 1,01 | 0,00 | 98,51 | 1,49 | 20,61 | 36,53 | 0,94 | 2,81 | 18,97 | 18,03 | 0,00 | 2,11 | 0,00 | 39,11 | 60,89 | -0,11 | 0,680 |
| MA1-28 | 82,35 | 17,65 | 0,00 | 0,00 | 95,85 | 4,15 | 19,38 | 44,14 | 0,00 | 0,00 | 13,52 | 19,22 | 0,00 | 3,75 | 0,00 | 36,48 | 63,52 | 0,47 | 1,520 |
| MA1-29 | 73,58 | 25,64 | 0,78 | 0,00 | 98,10 | 1,90 | 27,57 | 26,62 | 1,33 | 5,70 | 17,49 | 17,68 | 0,00 | 3,61 | 0,00 | 38,78 | 61,22 | -0,64 | -0,050 |
| MA1-30 | 70,70 | 24,22 | 0,34 | 4,74 | 93,29 | 6,71 | 19,64 | 45,59 | 1,62 | 2,88 | 11,53 | 14,59 | 0,00 | 4,14 | 0,00 | 30,27 | 69,73 | 0,85 | 1,440 |
| MA1-31 | 73,64 | 23,09 | 0,00 | 3,27 | 96,26 | 3,74 | 22,78 | 36,85 | 1,51 | 3,18 | 16,25 | 16,42 | 0,00 | 3,02 | 0,00 | 35,68 | 64,32 | 0,07 | 0,840 |
| MA1-34 | 74,48 | 22,09 | 3,43 | 0,00 | 90,39 | 9,61 | 25,85 | 39,39 | 0,00 | 1,43 | 8,91 | 24,42 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 33,33 | 66,67 | 0,34 | 0,760 |
| MA1-35 | 78,26 | 19,36 | 2,39 | 0,00 | 94,50 | 5,50 | 23,74 | 43,55 | 0,00 | 2,43 | 12,90 | 17,38 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 30,28 | 69,72 | 0,71 | 1,060 |
| MA1-36 | 75,47 | 21,59 | 0,00 | 2,94 | 90,64 | 9,36 | 24,11 | 40,85 | 0,00 | 1,70 | 13,19 | 20,14 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 33,33 | 66,67 | 0,53 | 1,180 |
| MA1-37 | 72,03 | 27,97 | 0,00 | 0,00 | 90,78 | 9,22 | 28,67 | 26,80 | 0,00 | 5,48 | 19,16 | 19,88 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 39,05 | 60,95 | -0,85 | -0,130 |
| MA1-39 | 76,93 | 23,07 | 0,00 | 0,00 | 95,09 | 4,91 | 19,44 | 45,24 | 0,00 | 2,58 | 14,68 | 18,06 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 32,74 | 67,26 | 0,63 | 1,300 |
| | 76,20 | 21,80 | 0,97 | 1,03 | 92,73 | 7,27 | 23,29 | 38,38 | 0,95 | 2,79 | 14,18 | 18,31 | 0,12 | 1,83 | 0,13 | 34,58 | 65,42 | → | Promedio |
| | 3,75 | 3,22 | 1,10 | 1,61 | 4,84 | 4,84 | 2,90 | 6,07 | 1,46 | 1,46 | 3,08 | 2,41 | 0,42 | 1,55 | 0,46 | 3,20 | 3,20 | → | Desvest |

Gráficos circulares donde se representa para el conjunto de todas las partículas de BUNT-02 el % mol de los elementos que conforman los sitios X, B y A de la fórmula general



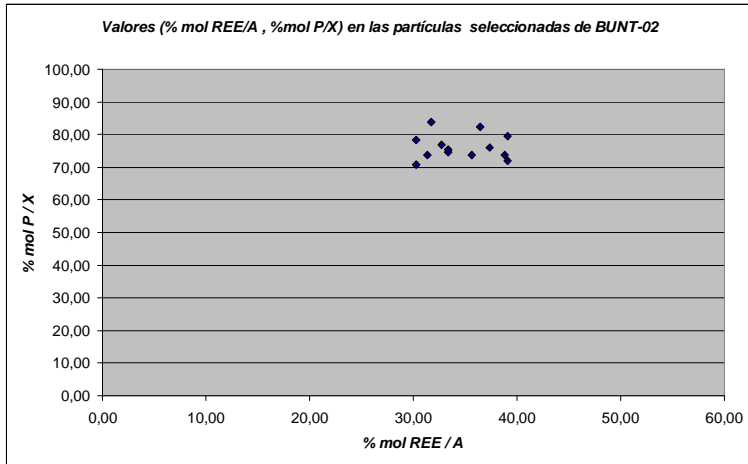
Composición química de las partículas del afloramiento Bunt-02, expresada en número de átomos por fórmula unitaria en base a X=2

| Partícula | F | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|
| MA1-19 | 0,39 | 1,52 | 0,46 | 0,02 | 0,00 | 2,76 | 0,73 | 0,04 | 0,27 | 0,37 | 0,02 | 0,15 | 0,19 | 0,02 | 0,03 | 0,02 | 1,08 | 3,49 | 2,00 | 7,50 |
| MA1-20 | 0,00 | 1,68 | 0,30 | 0,02 | 0,00 | 2,95 | 0,20 | 0,02 | 0,23 | 0,40 | 0,06 | 0,15 | 0,16 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,99 | 3,15 | 2,00 | 6,17 |
| MA1-21 | 0,16 | 1,48 | 0,43 | 0,05 | 0,05 | 2,71 | 0,32 | 0,02 | 0,26 | 0,44 | 0,00 | 0,10 | 0,21 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 1,05 | 3,03 | 2,00 | 5,89 |
| MA1-22 | 0,00 | 1,59 | 0,39 | 0,02 | 0,00 | 2,82 | 0,04 | 0,03 | 0,20 | 0,35 | 0,01 | 0,18 | 0,17 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,95 | 2,86 | 2,00 | 5,24 |
| MA1-28 | 0,00 | 1,65 | 0,35 | 0,00 | 0,00 | 2,73 | 0,12 | 0,00 | 0,19 | 0,44 | 0,00 | 0,13 | 0,19 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,99 | 2,85 | 2,00 | 5,26 |
| MA1-29 | 0,00 | 1,47 | 0,51 | 0,02 | 0,00 | 2,63 | 0,05 | 0,06 | 0,28 | 0,27 | 0,01 | 0,18 | 0,18 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 1,02 | 2,68 | 2,00 | 4,94 |
| MA1-30 | 0,17 | 1,41 | 0,48 | 0,01 | 0,09 | 2,54 | 0,18 | 0,03 | 0,18 | 0,43 | 0,02 | 0,11 | 0,14 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,92 | 2,73 | 2,00 | 4,71 |
| MA1-31 | 0,24 | 1,47 | 0,46 | 0,00 | 0,07 | 2,68 | 0,10 | 0,03 | 0,23 | 0,37 | 0,02 | 0,16 | 0,16 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,99 | 2,78 | 2,00 | 5,08 |
| MA1-34 | 0,00 | 1,49 | 0,44 | 0,07 | 0,00 | 2,75 | 0,29 | 0,01 | 0,26 | 0,40 | 0,00 | 0,09 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,01 | 3,04 | 2,00 | 5,90 |
| MA1-35 | 0,00 | 1,57 | 0,39 | 0,05 | 0,00 | 2,74 | 0,16 | 0,02 | 0,23 | 0,43 | 0,00 | 0,13 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,98 | 2,90 | 2,00 | 5,33 |
| MA1-36 | 0,00 | 1,51 | 0,43 | 0,00 | 0,06 | 2,49 | 0,26 | 0,02 | 0,24 | 0,41 | 0,00 | 0,13 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,01 | 2,74 | 2,00 | 4,95 |
| MA1-37 | 0,00 | 1,44 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 2,53 | 0,26 | 0,06 | 0,29 | 0,27 | 0,00 | 0,20 | 0,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1,02 | 2,79 | 2,00 | 5,31 |
| MA1-39 | 0,00 | 1,54 | 0,46 | 0,00 | 0,00 | 2,74 | 0,14 | 0,02 | 0,18 | 0,42 | 0,00 | 0,14 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,93 | 2,88 | 2,00 | 5,24 |

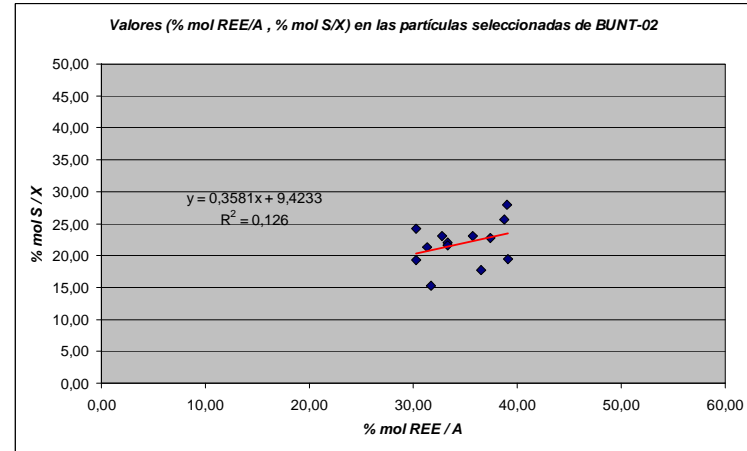
Fórmulas estructurales que se deducen de cada partícula

| | | | | |
|---------|--|------------------------------------|--|----------------------------|
| MA1-19: | $(K_{0,04}Ca_{0,27}Sr_{0,37}Ba_{0,02}La_{0,15}Ce_{0,19}Pr_{0,02}Nd_{0,03}Gd_{0,02}) \Sigma 1,08$ | $(Al_{2,76}Fe_{0,73}) \Sigma 3,49$ | $(P_{1,52}S_{0,46}As_{0,02}Si_{0,00}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,39}OH_{7,50}) H_2O$ |
| MA1-20: | $(K_{0,02}Ca_{0,23}Sr_{0,40}Ba_{0,06}La_{0,15}Ce_{0,16}Pr_{0,00}Nd_{0,02}Gd_{0,00}) \Sigma 0,99$ | $(Al_{2,95}Fe_{0,20}) \Sigma 3,15$ | $(P_{1,68}S_{0,30}As_{0,02}Si_{0,00}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{6,17}) H_2O$ |
| MA1-21: | $(K_{0,02}Ca_{0,26}Sr_{0,44}Ba_{0,00}La_{0,10}Ce_{0,21}Pr_{0,00}Nd_{0,02}Gd_{0,00}) \Sigma 1,05$ | $(Al_{2,71}Fe_{0,32}) \Sigma 3,03$ | $(P_{1,48}S_{0,43}As_{0,05}Si_{0,05}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,16}OH_{5,89}) H_2O$ |
| MA1-22: | $(K_{0,03}Ca_{0,20}Sr_{0,35}Ba_{0,01}La_{0,18}Ce_{0,17}Pr_{0,00}Nd_{0,02}Gd_{0,00}) \Sigma 0,95$ | $(Al_{2,82}Fe_{0,04}) \Sigma 2,86$ | $(P_{1,59}S_{0,39}As_{0,02}Si_{0,00}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{5,24}) H_2O$ |
| MA1-28: | $(K_{0,00}Ca_{0,19}Sr_{0,44}Ba_{0,00}La_{0,13}Ce_{0,19}Pr_{0,00}Nd_{0,04}Gd_{0,00}) \Sigma 0,90$ | $(Al_{2,73}Fe_{0,12}) \Sigma 2,85$ | $(P_{1,65}S_{0,35}As_{0,00}Si_{0,00}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{5,26}) H_2O$ |
| MA1-29: | $(K_{0,06}Ca_{0,28}Sr_{0,27}Ba_{0,01}La_{0,18}Ce_{0,18}Pr_{0,00}Nd_{0,04}Gd_{0,00}) \Sigma 1,02$ | $(Al_{2,63}Fe_{0,05}) \Sigma 2,68$ | $(P_{1,47}S_{0,51}As_{0,02}Si_{0,00}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{4,94}) H_2O$ |
| MA1-30: | $(K_{0,03}Ca_{0,18}Sr_{0,43}Ba_{0,02}La_{0,11}Ce_{0,14}Pr_{0,00}Nd_{0,04}Gd_{0,00}) \Sigma 0,92$ | $(Al_{2,54}Fe_{0,18}) \Sigma 2,73$ | $(P_{1,41}S_{0,48}As_{0,01}Si_{0,09}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,17}OH_{4,71}) H_2O$ |
| MA1-31: | $(K_{0,03}Ca_{0,23}Sr_{0,37}Ba_{0,02}La_{0,16}Ce_{0,16}Pr_{0,00}Nd_{0,03}Gd_{0,00}) \Sigma 0,99$ | $(Al_{2,68}Fe_{0,10}) \Sigma 2,78$ | $(P_{1,47}S_{0,46}As_{0,00}Si_{0,07}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,24}OH_{5,08}) H_2O$ |
| MA1-34: | $(K_{0,01}Ca_{0,26}Sr_{0,40}Ba_{0,00}La_{0,09}Ce_{0,25}Pr_{0,00}Nd_{0,00}Gd_{0,00}) \Sigma 1,01$ | $(Al_{2,75}Fe_{0,29}) \Sigma 3,04$ | $(P_{1,49}S_{0,44}As_{0,07}Si_{0,00}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{5,90}) H_2O$ |
| MA1-35: | $(K_{0,02}Ca_{0,23}Sr_{0,43}Ba_{0,00}La_{0,13}Ce_{0,17}Pr_{0,00}Nd_{0,00}Gd_{0,00}) \Sigma 0,98$ | $(Al_{2,74}Fe_{0,16}) \Sigma 2,90$ | $(P_{1,57}S_{0,39}As_{0,05}Si_{0,00}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{5,33}) H_2O$ |
| MA1-36: | $(K_{0,02}Ca_{0,24}Sr_{0,41}Ba_{0,00}La_{0,13}Ce_{0,20}Pr_{0,00}Nd_{0,00}Gd_{0,00}) \Sigma 1,01$ | $(Al_{2,49}Fe_{0,26}) \Sigma 2,98$ | $(P_{1,51}S_{0,43}As_{0,00}Si_{0,06}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{4,95}) H_2O$ |
| MA1-37: | $(K_{0,06}Ca_{0,29}Sr_{0,27}Ba_{0,00}La_{0,20}Ce_{0,20}Pr_{0,00}Nd_{0,00}Gd_{0,00}) \Sigma 1,02$ | $(Al_{2,53}Fe_{0,26}) \Sigma 2,79$ | $(P_{1,44}S_{0,56}As_{0,00}Si_{0,00}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{5,31}) H_2O$ |
| MA1-39: | $(K_{0,02}Ca_{0,18}Sr_{0,42}Ba_{0,00}La_{0,14}Ce_{0,17}Pr_{0,00}Nd_{0,00}Gd_{0,00}) \Sigma 0,93$ | $(Al_{2,74}Fe_{0,14}) \Sigma 2,88$ | $(P_{1,54}S_{0,46}As_{0,00}Si_{0,00}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{5,24}) H_2O$ |

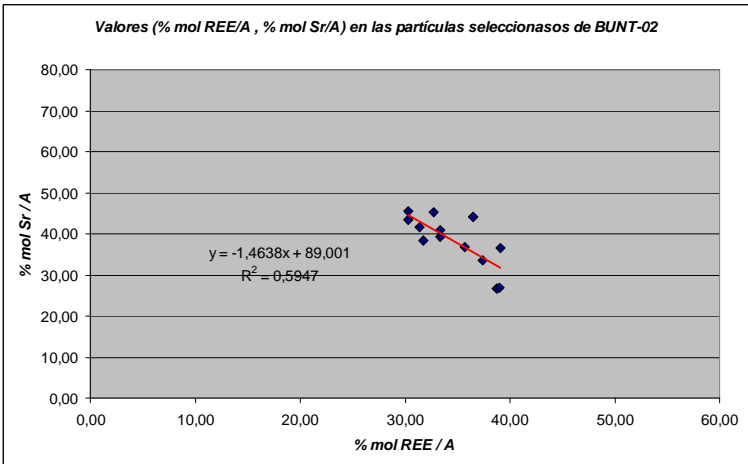
Gráficos de dispersión donde se comparan los valores obtenidos de % mol REE/A con los de (% mol P/X, %mol S/X, %mol As/X), (% mol Sr/A, % mol Ca/A, % mol K/A y % mol (A-REE)/A de BUT-02. Se han elaborado para observar los posibles grados de sustitución y su línea de tendencia.



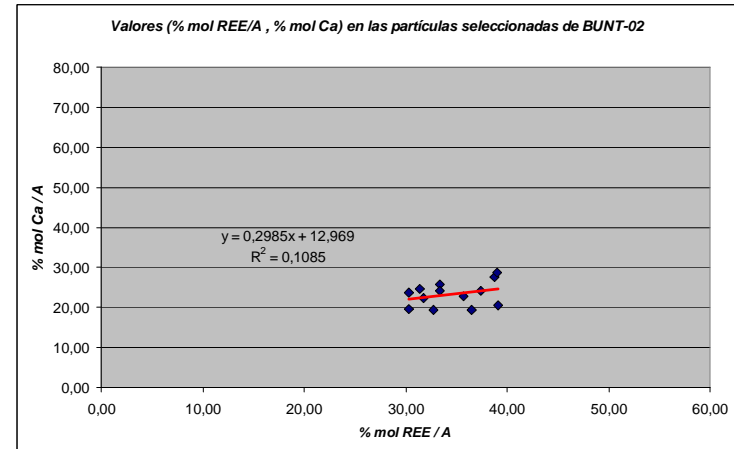
Valores (%mol REE/A, % mol P/X) sin tendencia aparente



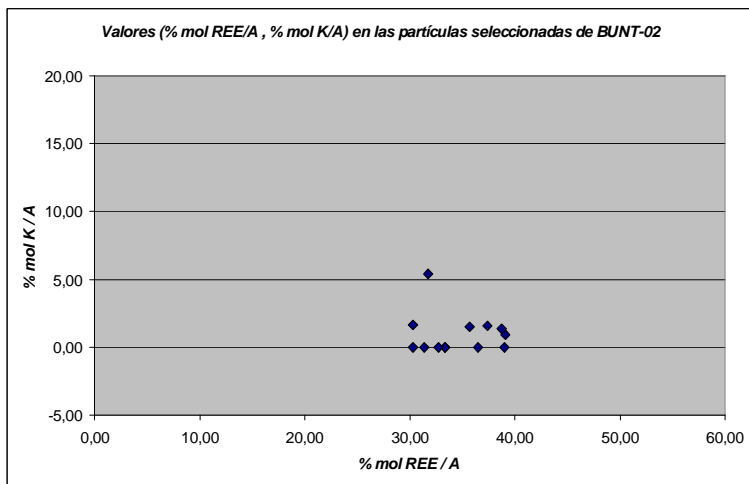
Tendencia lineal mayoritaria: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol S/X)



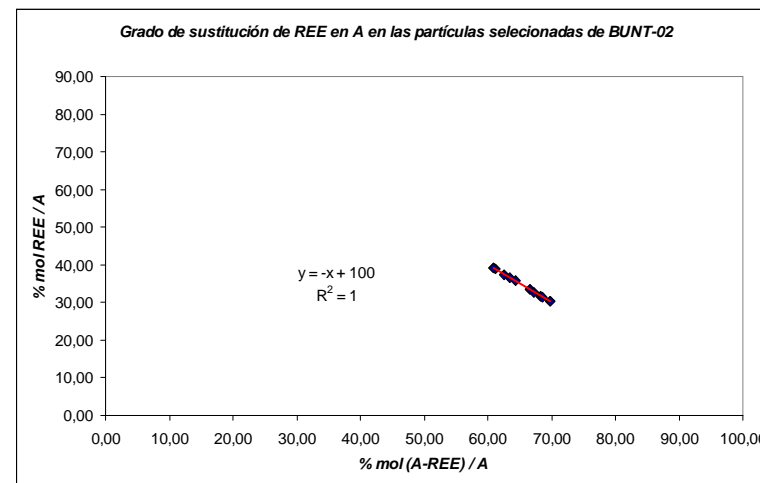
Partículas con tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Sr/A)



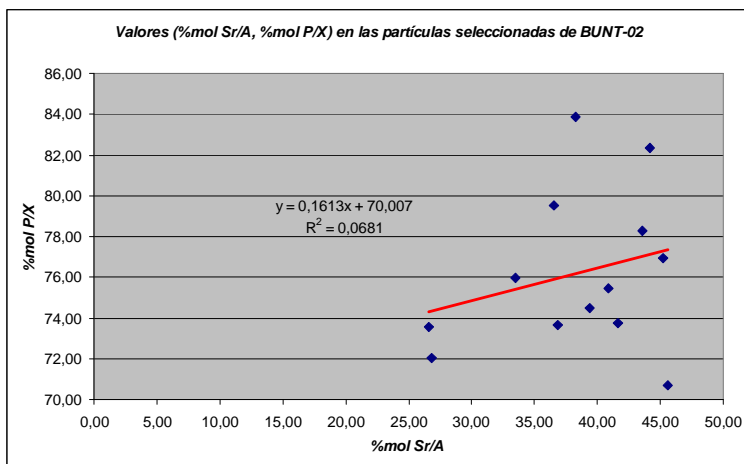
Tendencia lineal mayoritaria: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Ca/A)



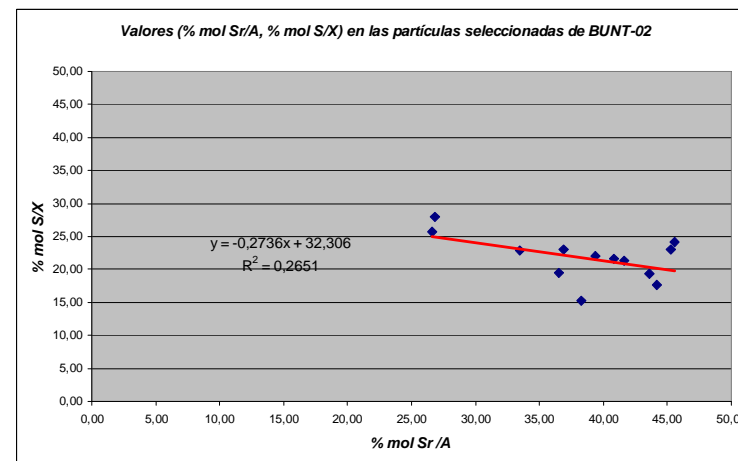
Valores (%mol REE/A, %mol K/A) sin tendencia aparente



Distribución valores [%mol (A-REE)/A, %mol REE/A] en perfecta tendencia lineal



Tendencia lineal mavoritaria: +Δ (%mol Sr/A) ↔ +Δ (%mol P/X)



Tendencia lineal mavoritaria: -Δ (%mol Sr/A) ↔ +Δ (%mol S/X)

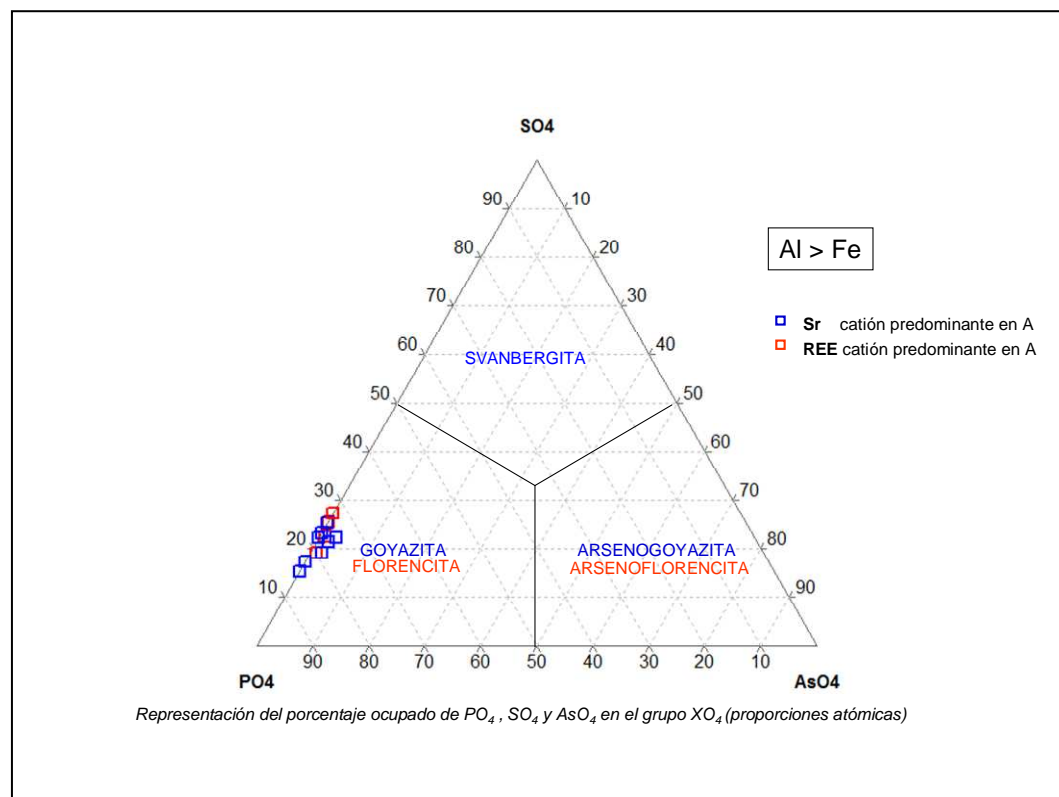
Clasificación mineralógica para las partículas de BUNT-02. de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999).

Muestra MA-1

Partículas: MA1 (19-20-21-22-28-29-30-31-34-35-36-37-38)

Participación en %A de SO₄, PO₄ y AsO₄ en el sitio X, con indicación del catión predominante en A.

| Partículas | %SO ₄ | %PO ₄ | %AsO ₄ | Predominio |
|------------|------------------|------------------|-------------------|------------|
| MA1-19 | 22,813 | 75,986 | 1,201 | REE |
| MA1-20 | 15,228 | 83,858 | 0,914 | Sr |
| MA1-21 | 21,798 | 75,568 | 2,634 | Sr |
| MA1-22 | 19,460 | 79,528 | 1,012 | REE |
| MA1-28 | 17,652 | 82,348 | 0,000 | Sr |
| MA1-29 | 25,636 | 73,581 | 0,783 | REE |
| MA1-30 | 25,422 | 74,222 | 0,356 | Sr |
| MA1-31 | 23,872 | 76,128 | 0,000 | Sr |
| MA1-34 | 22,092 | 74,482 | 3,427 | Sr |
| MA1-35 | 19,358 | 78,257 | 2,385 | Sr |
| MA1-36 | 22,247 | 77,753 | 0,000 | Sr |
| MA1-37 | 27,974 | 72,026 | 0,000 | REE |
| MA1-39 | 23,070 | 76,930 | 0,000 | Sr |



Todas las partículas analizadas con predominio de Sr en A se sitúan en el sector de la goyazita. Las partículas con predominio de REE (MA1-19, MA1-29 y MA1-37) serían florencita (Ce), mientras que MA1-22 corresponde a florencita (La).

Descripción y Análisis de las superficies policristalinas

La observación llevada a cabo mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) de las superficies policristalinas de las partículas MA1-25 y MA1-28, nos indica que los APS se presentan como cristales romboédricos idiomorfos pseudocúbicos. Algunas de sus caras muestran peldaños de crecimiento (*Fig. 7*)

La homogeneidad en el tamaño de los cristales y la presencia de peldaños de crecimiento indican una elevada tasa de nucleación y un período de crecimiento relativamente corto. Su precipitación debió tener lugar poco después de la sedimentación o durante la diagénesis temprana (Berrenechea *et al.*, 2006).

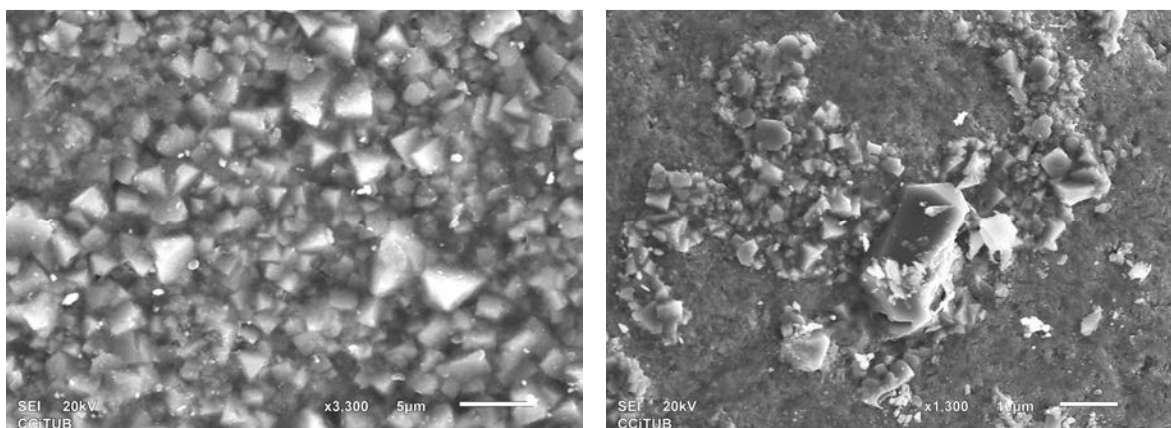


Fig. 7: (A) Detalle de una superficie policristalina con cristales romboédricos idiomorfos pseudocúbicos. (B) Superficie policristalina con un cristal prismático más desarrollado con terminación romboédrica.

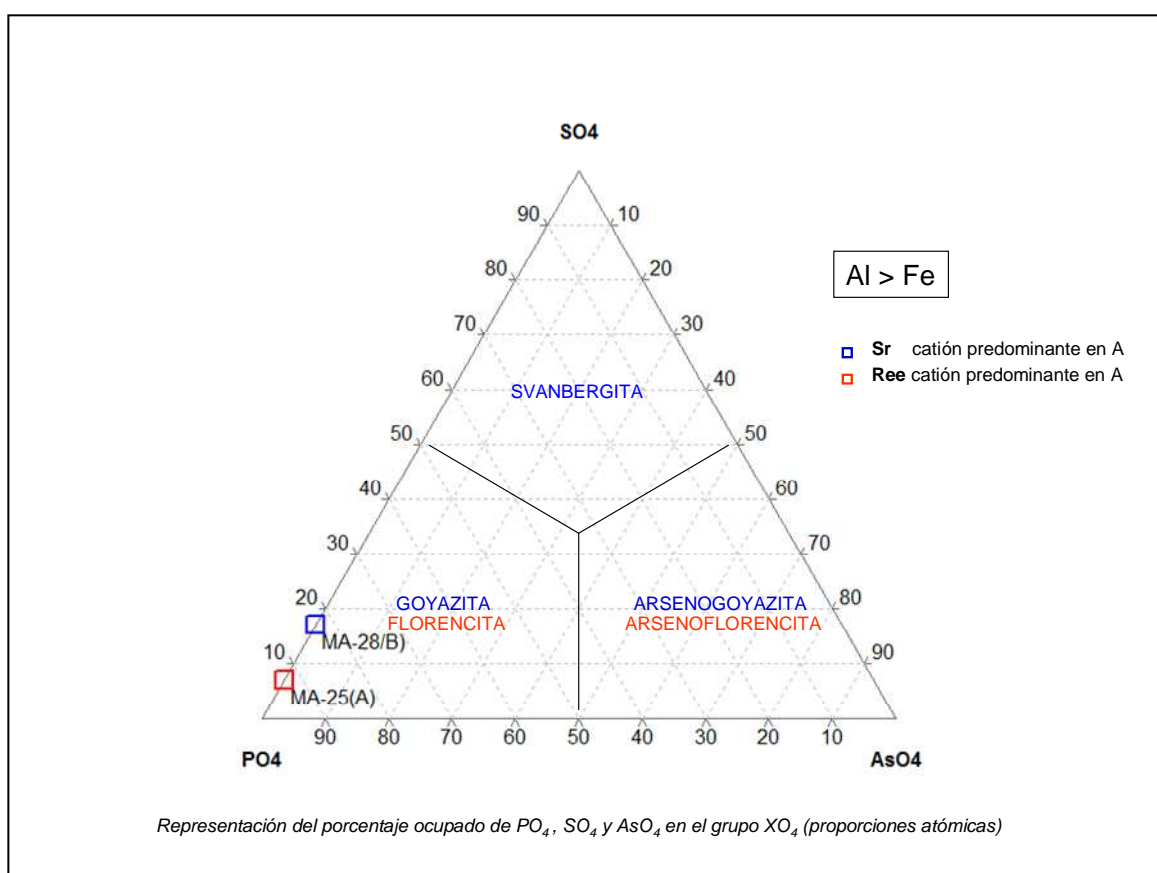
Se obtiene por EDS la composición global de las superficies policristalinas A y B (*Tabla 1*) y se identifican los minerales que las componen. (*Tabla 2*)

Tabla 1.- Análisis correspondientes a las superficies A y B

| Elemento | Zonas cristalinas analizadas | | | |
|----------|------------------------------|-------|-----------|-------|
| | MA1-25(A) | | MA1-28(B) | |
| | Wt% | A% | Wt% | A% |
| O K | 40,28 | 64,08 | 40,84 | 63,91 |
| Al K | 16,42 | 15,50 | 18,19 | 16,87 |
| Si K | 2,72 | 2,46 | - | - |
| P K | 12,71 | 10,44 | 12,59 | 10,17 |
| S K | 1,02 | 0,81 | 2,80 | 2,18 |
| K K | 0,34 | 0,22 | - | - |
| Ca K | 1,40 | 0,89 | 1,90 | 1,19 |
| Fe K | 1,58 | 0,72 | 1,62 | 0,73 |
| As L | - | - | - | - |
| Sr L | 5,60 | 1,63 | 9,50 | 2,71 |
| Ba L | 0,00 | 0,00 | - | - |
| La L | 5,07 | 0,93 | 4,63 | 0,83 |
| Ce L | 9,64 | 1,75 | 6,61 | 1,18 |
| Nd L | 3,22 | 0,57 | 1,32 | 0,23 |
| Totales | 100 | 100 | 100 | 100 |

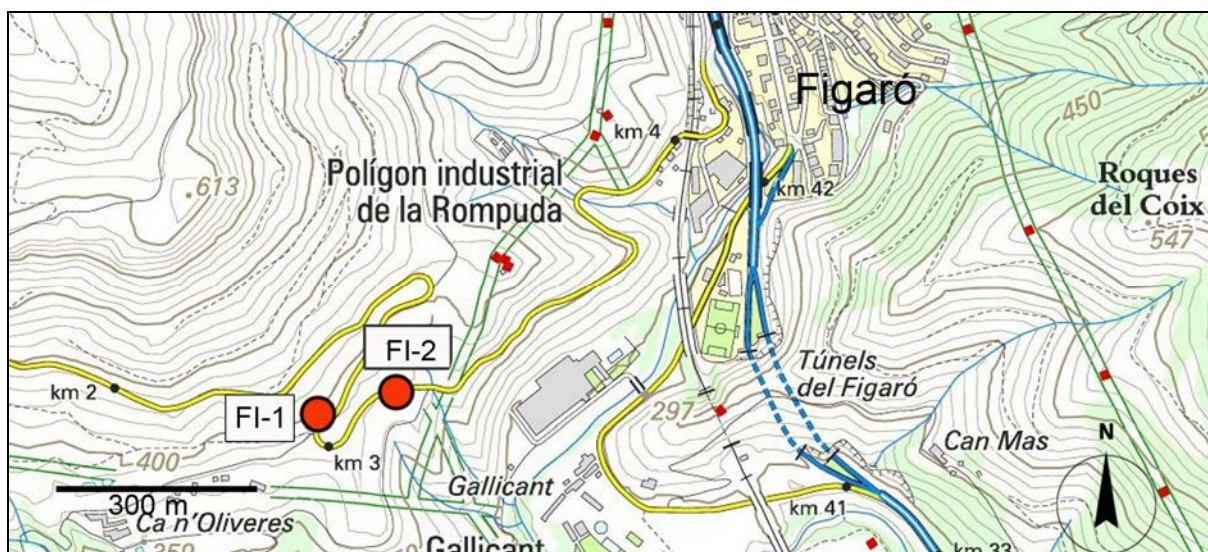
Tabla 2 - Valores obtenidos (%A) para la clasificación mineralógica en el sector BRU-21 de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999).

| Puntos | MA1-25(A) | MA1-28(B) |
|-------------------|-----------|-----------|
| %SO ₄ | 7,200 | 17,652 |
| %PO ₄ | 92,800 | 82,348 |
| %AsO ₄ | 0,000 | 0,000 |
| Predominio | REE | Sr |
| Mineral | Florecita | Goyazita |



Los análisis de los cristales de minerales APS situados en la superficie policristalina de las partículas MA-25, con predominio en A de REE, corresponden a *florecita* (Ce,) mientras que los de MA-28, con predominio de estroncio, se sitúan en el sector de la *goyazita*.

Afloramiento: BUNT-03 (El Figaró-Montmany)



Localización: S.S.E. de El Figaró, ctra. de El Figaró a Montmany.

Muestras:

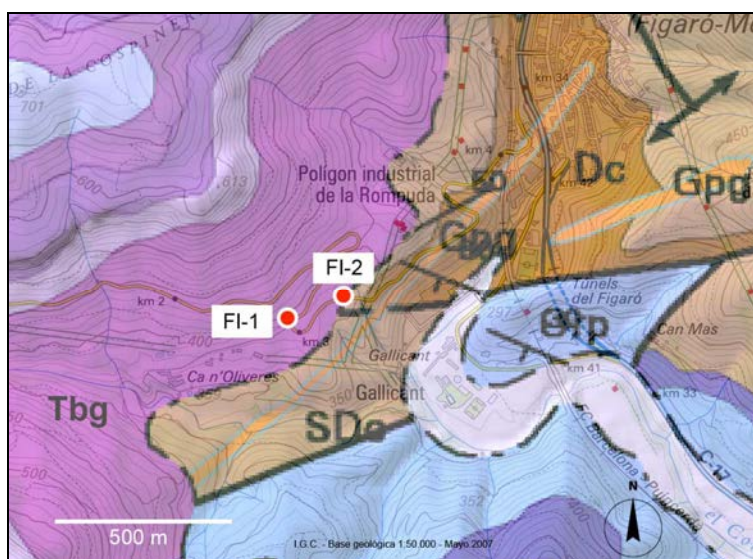
FI-1 (Fig. 1)
UTMX: 438785E
UTMY: 4618297N

FI-2 (Fig. 2)
UTMX: 438917E
UTMY: 4618365N

Fecha de obtención: 05/10/2014

Edad: Triásico inferior
Facies: *Buntsandstein*

Leyenda: I.G.C. (ver pag. xx)



Mapa geológico del afloramiento BUNT-03 con la situación muestras FI-1 y FI-2



Fig.1: Muestra FI-1. Obtención selectiva. Peso 7.800 gr. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein*.



Fig.2: Muestra FI-2. Obtención selectiva. Peso 19.300 gr. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein*.

Se han unificado las partículas de minerales pesados obtenidas de las muestras FI-1 y FI-2.

Las partículas de minerales APS de este afloramiento han resultado ser atraíbles en el separador Frantz a partir de 0,60 amperios.

Su color es de marrón en varios tonos hasta beige. Con formas redondeadas siendo algunas ligeramente ovoides (Figs. 3-4-5-6).

Son algo más rugosas y menos anaranjadas que las correspondientes a los sedimentos miocénicos y presentan algunas zonas policristalinas.

Las hemos separado manualmente de cada fracción granulométrica y rango electromagnético

Sus abundancias se estiman superiores a las 800 partículas por 100kg de muestra selectiva.



Fig.3: Partículas de APS, de tamaño >100 µm recuperadas a 0,60A en el separador Frantz.



Fig.4: Partículas de APS, de tamaño >100 µm recuperadas a 1,30A en el separador Frantz.



Fig.5: Partículas de APS, de tamaño >100 µm recuperadas a 0,80A en el separador Frantz.



Fig.6: Partículas de Fluorapatitos y APS, de tamaño >100 µm recuperadas a Diamag en el separador Frantz.

Procesos analíticos

Hemos seleccionado 10 partículas (FIM-15... FIM-53), que una vez situadas sobre un "stub" carbonizado se han procesado por SEM/EDS.

Los cálculos y diagramas realizados son de las mismas características que los aplicados a las partículas del Mioceno.

Composición química de las partículas del afloramiento BUNT-03 obtenida por EDS y expresada en A%.

| Partícula | O A% | F A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | K A% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | Ba A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | Gd A% | Total es |
|-----------|-------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| FIM-15 | 53,69 | 0,00 | 12,82 | 9,77 | 5,40 | 2,71 | 1,88 | 0,91 | 9,10 | 0,00 | 2,67 | 0,16 | 0,21 | 0,55 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 100,0 |
| FIIM-18 | 62,85 | 0,00 | 12,12 | 9,63 | 4,70 | 1,30 | 1,09 | 0,63 | 5,34 | 0,00 | 1,31 | 0,10 | 0,28 | 0,49 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 100,0 |
| FIM-19 | 66,76 | 0,00 | 12,75 | 5,30 | 6,21 | 2,23 | 0,74 | 0,59 | 2,25 | 0,00 | 2,50 | 0,00 | 0,12 | 0,44 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 100,0 |
| FIM-21 | 60,92 | 0,00 | 13,06 | 2,57 | 7,42 | 2,39 | 0,37 | 0,85 | 8,63 | 0,06 | 2,88 | 0,00 | 0,15 | 0,49 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 100,0 |
| FIM-24 | 61,66 | 0,00 | 13,73 | 5,17 | 6,82 | 3,04 | 1,27 | 1,58 | 3,72 | 0,00 | 2,27 | 0,10 | 0,15 | 0,33 | 0,00 | 0,17 | 0,00 | 100,0 |
| FIM-25 | 60,85 | 0,00 | 15,59 | 2,40 | 7,73 | 4,68 | 0,44 | 1,60 | 2,67 | 0,00 | 2,92 | 0,20 | 0,25 | 0,45 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 100,0 |
| FIM-26 | 61,32 | 0,00 | 15,85 | 3,31 | 8,93 | 3,41 | 0,41 | 0,94 | 0,98 | 0,00 | 3,59 | 0,00 | 0,22 | 0,79 | 0,00 | 0,26 | 0,00 | 100,0 |
| FIM-28 | 63,49 | 0,00 | 14,62 | 5,22 | 7,02 | 2,50 | 1,11 | 0,91 | 1,39 | 0,00 | 2,34 | 0,10 | 0,33 | 0,71 | 0,00 | 0,26 | 0,00 | 100,0 |
| FIM-31 | 64,63 | 0,00 | 15,25 | 1,25 | 9,05 | 2,50 | 0,32 | 1,17 | 0,92 | 0,00 | 2,44 | 0,03 | 0,69 | 1,27 | 0,00 | 0,50 | 0,00 | 100,0 |
| FIM-53 | 62,33 | 1,40 | 13,68 | 4,78 | 6,87 | 2,41 | 0,64 | 0,63 | 3,51 | 0,08 | 2,74 | 0,08 | 0,18 | 0,48 | 0,00 | 0,20 | 0,00 | 100,0 |

Cálculo del % mol que ocupa cada elemento en su fracción de la fórmula general

Cálculo del elemento predominante en el sitio A (en A%)

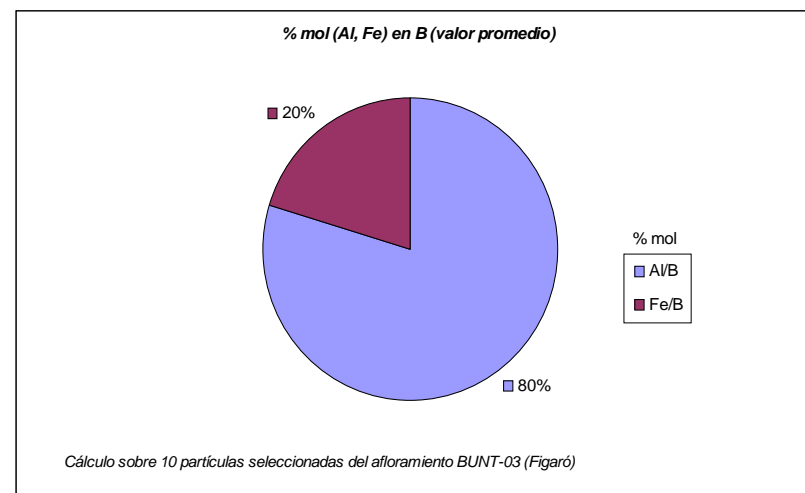
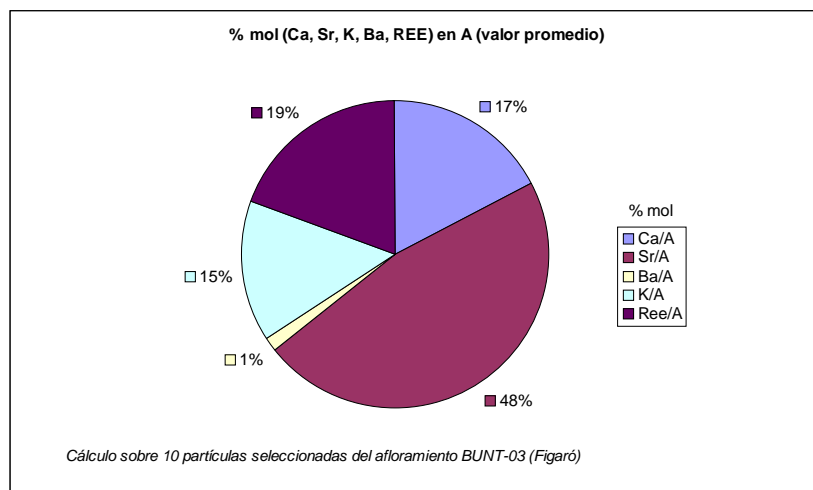
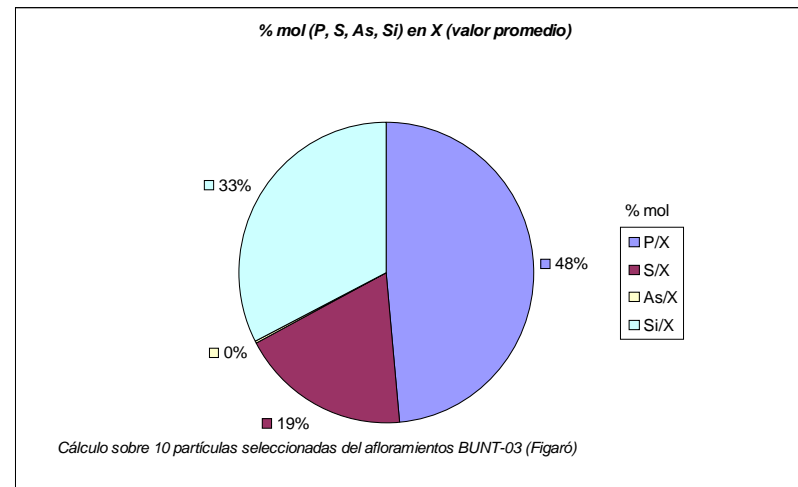
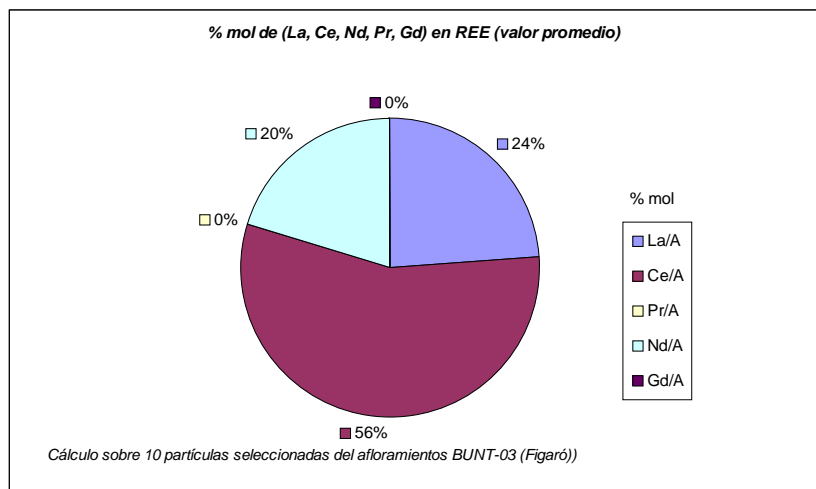


Sr

REE

| Partícula | % mol | | | | | | | | | | | | | | | | | A% | |
|-----------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|------------|---------|
| | P/X | S/X | As/X | Si/X | Al/B | Fe/B | Ca/A | Sr/A | Ba/A | K/A | La/A | Ce/A | Pr/A | Nd/A | Gd/A | Ree/A | (A-Ree)/A | (Sr-REE) | (Sr-Ca) |
| FIM-15 | 30,20 | 15,16 | 0,00 | 54,64 | 58,49 | 41,51 | 14,00 | 41,08 | 2,46 | 28,92 | 3,23 | 8,46 | 0,00 | 1,85 | 0,00 | 13,54 | 86,46 | 1,79 | 1,760 |
| FIM-18 | 30,07 | 8,32 | 0,00 | 61,61 | 69,42 | 30,58 | 15,56 | 32,35 | 2,47 | 26,91 | 6,91 | 12,10 | 0,00 | 3,70 | 0,00 | 22,72 | 77,28 | 0,39 | 0,680 |
| FIM-19 | 45,20 | 16,23 | 0,00 | 38,57 | 85,00 | 15,00 | 13,08 | 55,43 | 0,00 | 16,41 | 2,66 | 9,76 | 0,00 | 2,66 | 0,00 | 15,08 | 84,92 | 1,82 | 1,910 |
| FIM-21 | 59,65 | 19,21 | 0,48 | 20,66 | 60,21 | 39,79 | 17,17 | 58,18 | 0,00 | 7,47 | 3,03 | 9,90 | 0,00 | 4,24 | 0,00 | 17,17 | 82,83 | 2,03 | 2,030 |
| FIM-24 | 45,38 | 20,23 | 0,00 | 34,40 | 78,68 | 21,32 | 26,92 | 38,67 | 1,70 | 21,64 | 2,56 | 5,62 | 0,00 | 2,90 | 0,00 | 11,07 | 88,93 | 1,62 | 0,690 |
| FIM-25 | 52,19 | 31,60 | 0,00 | 16,21 | 85,38 | 14,62 | 26,36 | 48,11 | 3,29 | 7,25 | 4,12 | 7,41 | 0,00 | 3,46 | 0,00 | 14,99 | 85,01 | 2,01 | 1,320 |
| FIM-26 | 57,06 | 21,79 | 0,00 | 21,15 | 94,18 | 5,82 | 15,14 | 57,81 | 0,00 | 6,60 | 3,54 | 12,72 | 0,00 | 4,19 | 0,00 | 20,45 | 79,55 | 2,32 | 2,650 |
| FIM-28 | 47,63 | 16,96 | 0,00 | 35,41 | 91,32 | 8,68 | 15,80 | 40,63 | 1,74 | 19,27 | 5,73 | 12,33 | 0,00 | 4,51 | 0,00 | 22,57 | 77,43 | 1,04 | 1,430 |
| FIM-31 | 70,70 | 19,53 | 0,00 | 9,77 | 94,31 | 5,69 | 18,22 | 38,01 | 0,47 | 4,98 | 10,75 | 19,78 | 0,00 | 7,79 | 0,00 | 38,32 | 61,68 | -0,02 | 1,270 |
| FIM-53 | 48,59 | 17,04 | 0,57 | 33,80 | 79,58 | 20,42 | 12,73 | 55,35 | 1,62 | 12,93 | 3,64 | 9,70 | 0,00 | 4,04 | 0,00 | 17,37 | 82,63 | 1,88 | 2,110 |
| | 48,67 | 18,61 | 0,10 | 32,62 | 79,66 | 20,34 | 17,50 | 46,56 | 1,37 | 15,24 | 4,62 | 10,78 | 0,00 | 3,93 | 0,00 | 19,33 | 80,67 | ← Promedio | |
| | 11,83 | 5,58 | 0,21 | 15,62 | 12,47 | 12,47 | 4,84 | 9,07 | 1,13 | 8,31 | 2,43 | 3,68 | 0,00 | 1,51 | 0,00 | 7,29 | 7,29 | ← Desvets | |

Gráficos circulares donde se representa para el conjunto de todas las partículas de BUNT-03 el % mol de los elementos que conforman los sitios X, B y A de la fórmula general



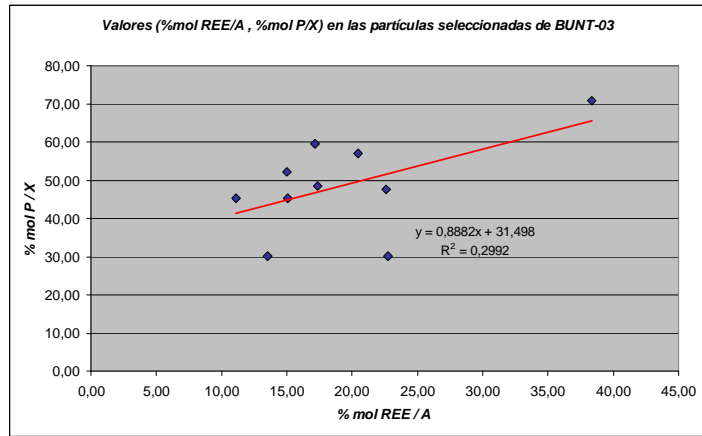
Composición química de las partículas del afloramiento Bunt-03, expresada en número de átomos por fórmula unitaria en base a X=2

| Partícula | F | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|
| FIM-15 | 0,00 | 0,60 | 0,30 | 0,00 | 1,09 | 1,43 | 1,02 | 0,21 | 0,10 | 0,30 | 0,02 | 0,02 | 0,06 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,71 | 2,45 | 2,00 | 1,91 |
| FIM-18 | 0,00 | 0,60 | 0,17 | 0,00 | 1,23 | 1,55 | 0,68 | 0,14 | 0,08 | 0,17 | 0,01 | 0,04 | 0,06 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,51 | 2,23 | 2,00 | 0,65 |
| FIM-19 | 0,00 | 0,90 | 0,32 | 0,00 | 0,77 | 1,86 | 0,33 | 0,11 | 0,09 | 0,36 | 0,00 | 0,02 | 0,06 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,66 | 2,18 | 2,00 | 1,41 |
| FIM-21 | 0,00 | 1,19 | 0,38 | 0,01 | 0,41 | 2,10 | 1,39 | 0,06 | 0,14 | 0,46 | 0,00 | 0,02 | 0,08 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,80 | 3,49 | 2,00 | 6,10 |
| FIM-24 | 0,00 | 0,91 | 0,40 | 0,00 | 0,69 | 1,83 | 0,50 | 0,17 | 0,21 | 0,30 | 0,01 | 0,02 | 0,04 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,77 | 2,32 | 2,00 | 2,16 |
| FIM-25 | 0,00 | 1,04 | 0,63 | 0,00 | 0,32 | 2,11 | 0,36 | 0,06 | 0,22 | 0,39 | 0,03 | 0,03 | 0,06 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,79 | 2,47 | 2,00 | 3,41 |
| FIM-26 | 0,00 | 1,14 | 0,44 | 0,00 | 0,42 | 2,03 | 0,13 | 0,05 | 0,12 | 0,46 | 0,00 | 0,03 | 0,10 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,79 | 2,15 | 2,00 | 2,16 |
| FIM-28 | 0,00 | 0,95 | 0,34 | 0,00 | 0,71 | 1,98 | 0,19 | 0,15 | 0,12 | 0,32 | 0,01 | 0,04 | 0,10 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,77 | 2,17 | 2,00 | 1,74 |
| FIM-31 | 0,00 | 1,41 | 0,39 | 0,00 | 0,20 | 2,38 | 0,14 | 0,05 | 0,18 | 0,38 | 0,00 | 0,11 | 0,20 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 1,00 | 2,53 | 2,00 | 4,12 |
| FIM-53 | 0,20 | 0,97 | 0,34 | 0,01 | 0,68 | 1,93 | 0,50 | 0,09 | 0,09 | 0,39 | 0,01 | 0,03 | 0,07 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,69 | 2,43 | 2,00 | 2,39 |

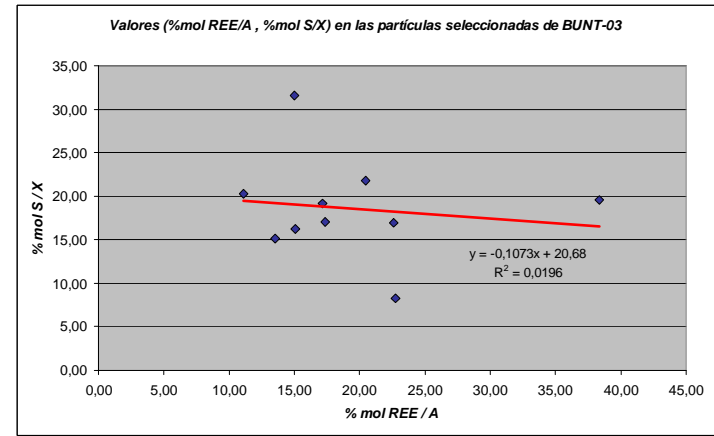
Fórmulas estructurales que se deducen de cada partícula

| | | | | |
|---------|--|------------------------------------|--|----------------------------|
| FIM-15: | $(K_{0,21}Ca_{0,10}Sr_{0,30}Ba_{0,02}La_{0,02}Ce_{0,06}Pr_{0,00}Nd_{0,01}Gd_{0,00}) \Sigma 0,71$ | $(Al_{1,43}Fe_{1,02}) \Sigma 2,45$ | $(P_{0,60}S_{0,30}As_{0,00}Si_{1,09}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{1,91}) H_2O$ |
| FIM-18: | $(K_{0,14}Ca_{0,08}Sr_{0,17}Ba_{0,01}La_{0,04}Ce_{0,06}Pr_{0,00}Nd_{0,02}Gd_{0,00}) \Sigma 0,51$ | $(Al_{1,55}Fe_{0,68}) \Sigma 2,23$ | $(P_{0,60}S_{0,17}As_{0,00}Si_{1,23}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{0,65}) H_2O$ |
| FIM-19: | $(K_{0,11}Ca_{0,09}Sr_{0,36}Ba_{0,00}La_{0,02}Ce_{0,06}Pr_{0,00}Nd_{0,02}Gd_{0,00}) \Sigma 0,66$ | $(Al_{1,86}Fe_{0,33}) \Sigma 2,18$ | $(P_{0,90}S_{0,32}As_{0,00}Si_{0,77}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{1,41}) H_2O$ |
| FIM-21: | $(K_{0,06}Ca_{0,14}Sr_{0,46}Ba_{0,00}La_{0,02}Ce_{0,08}Pr_{0,00}Nd_{0,03}Gd_{0,00}) \Sigma 0,80$ | $(Al_{2,10}Fe_{1,39}) \Sigma 3,49$ | $(P_{1,19}S_{0,38}As_{0,01}Si_{0,41}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{6,10}) H_2O$ |
| FIM-24: | $(K_{0,17}Ca_{0,21}Sr_{0,30}Ba_{0,01}La_{0,02}Ce_{0,04}Pr_{0,00}Nd_{0,02}Gd_{0,00}) \Sigma 0,77$ | $(Al_{1,83}Fe_{0,50}) \Sigma 2,32$ | $(P_{0,91}S_{0,40}As_{0,00}Si_{0,69}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{2,16}) H_2O$ |
| FIM-25: | $(K_{0,06}Ca_{0,22}Sr_{0,39}Ba_{0,03}La_{0,03}Ce_{0,06}Pr_{0,00}Nd_{0,03}Gd_{0,00}) \Sigma 0,79$ | $(Al_{2,11}Fe_{0,36}) \Sigma 2,47$ | $(P_{1,04}S_{0,63}As_{0,00}Si_{0,32}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{3,41}) H_2O$ |
| FIM-26: | $(K_{0,05}Ca_{0,12}Sr_{0,46}Ba_{0,00}La_{0,03}Ce_{0,10}Pr_{0,00}Nd_{0,03}Gd_{0,00}) \Sigma 0,79$ | $(Al_{2,03}Fe_{0,13}) \Sigma 2,15$ | $(P_{1,14}S_{0,44}As_{0,00}Si_{0,42}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{2,16}) H_2O$ |
| FIM-28: | $(K_{0,15}Ca_{0,12}Sr_{0,32}Ba_{0,01}La_{0,04}Ce_{0,10}Pr_{0,00}Nd_{0,04}Gd_{0,00}) \Sigma 0,77$ | $(Al_{1,98}Fe_{0,19}) \Sigma 2,17$ | $(P_{0,95}S_{0,34}As_{0,00}Si_{0,71}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{1,74}) H_2O$ |
| FIM-31: | $(K_{0,05}Ca_{0,18}Sr_{0,38}Ba_{0,00}La_{0,11}Ce_{0,20}Pr_{0,00}Nd_{0,08}Gd_{0,00}) \Sigma 1,00$ | $(Al_{2,38}Fe_{0,14}) \Sigma 2,53$ | $(P_{1,41}S_{0,39}As_{0,00}Si_{0,20}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,00}OH_{4,12}) H_2O$ |
| FIM-53: | $(K_{0,09}Ca_{0,09}Sr_{0,39}Ba_{0,01}La_{0,03}Ce_{0,07}Pr_{0,00}Nd_{0,03}Gd_{0,00}) \Sigma 0,69$ | $(Al_{1,93}Fe_{0,50}) \Sigma 2,43$ | $(P_{0,97}S_{0,34}As_{0,01}Si_{0,68}) \Sigma 2,00$ | $(F_{0,20}OH_{2,39}) H_2O$ |

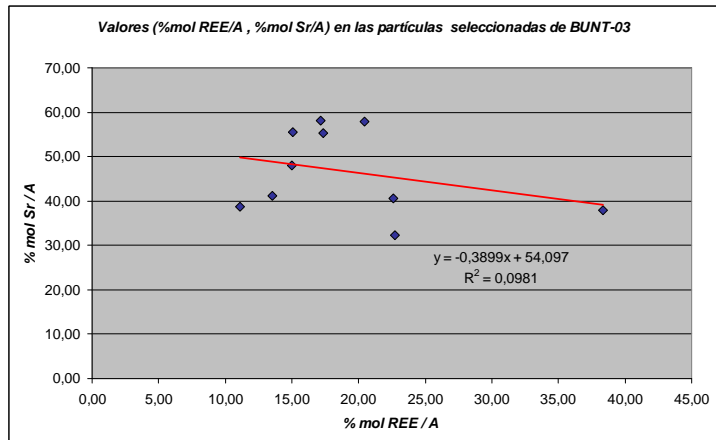
Gráficos de dispersión donde se comparan los valores obtenidos de % mol REE/A con los de (% mol P/X, %mol S/X), (% mol Sr/A, % mol Ca/A % mol Ba/A). P/Sr(apfu), S/Sr(apfu) y % mol (A-REE)/A de BUT-03. Elaborados para observar posibles grados de sustitución y su línea de tendencia. (Fig.xx a xx).



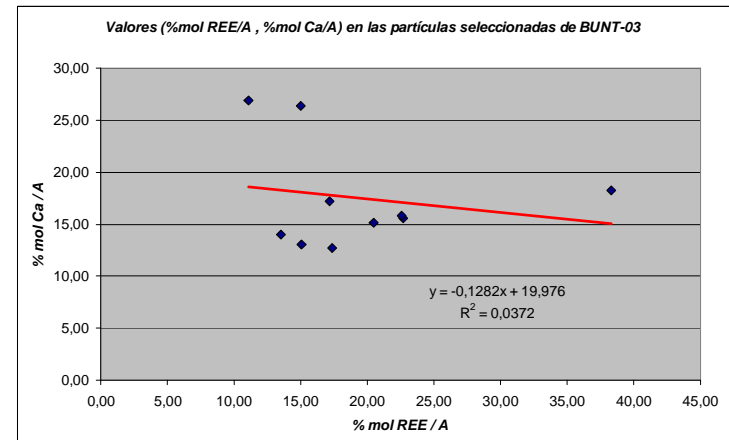
Tendencia lineal mayoritaria: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol P/X)



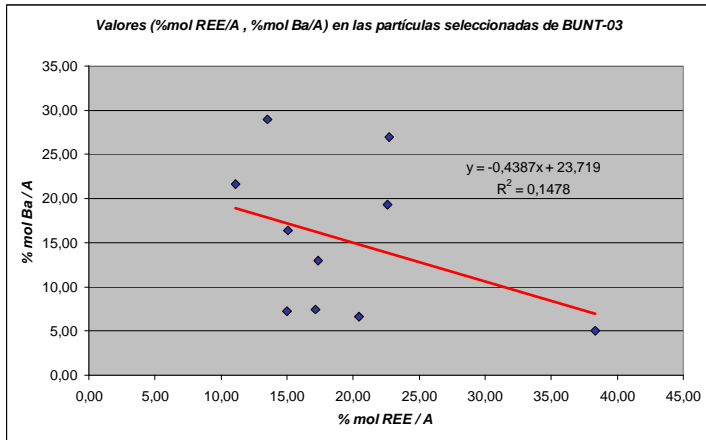
Tendencia lineal mayoritaria: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol S/X)



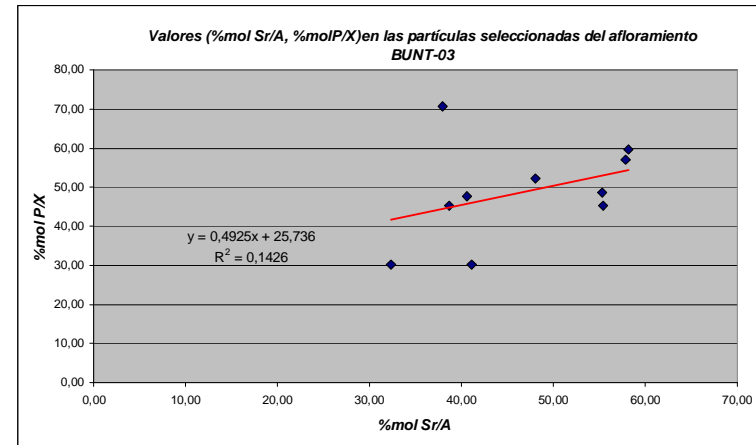
Tendencia lineal mayoritaria: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Sr/A)



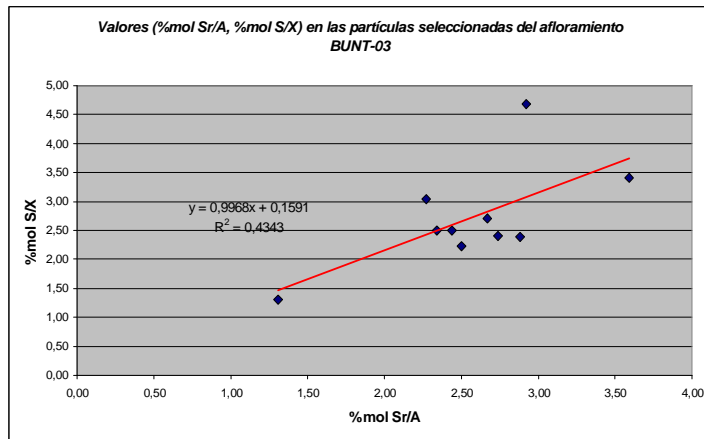
Tendencia lineal mayoritaria: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Ca/A)



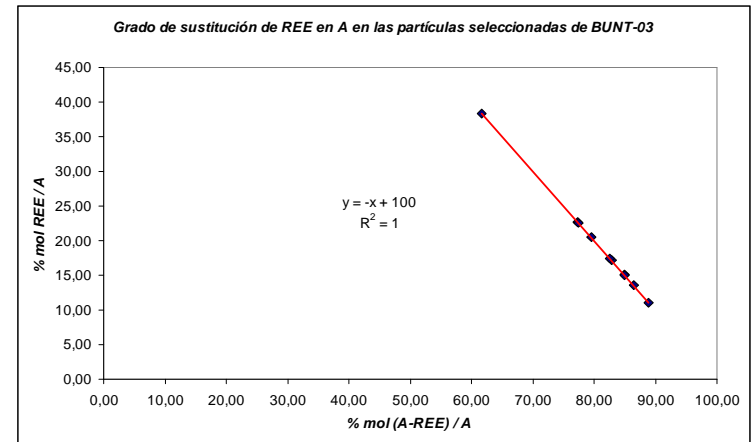
Tendencia lineal mayoritaria: - Δ (%mol REE/A) \leftrightarrow + Δ (%mol Ba/A)



Tendencia lineal mayoritaria: + Δ (%mol Sr/A) \leftrightarrow + Δ (%mol P/X)



Tendencia lineal mayoritaria: + Δ (%mol Sr/A) \leftrightarrow + Δ (%mol S/X)



Distribución valores [%mol (A-REE)/A, %mol REE/A] en perfecta tendencia lineal

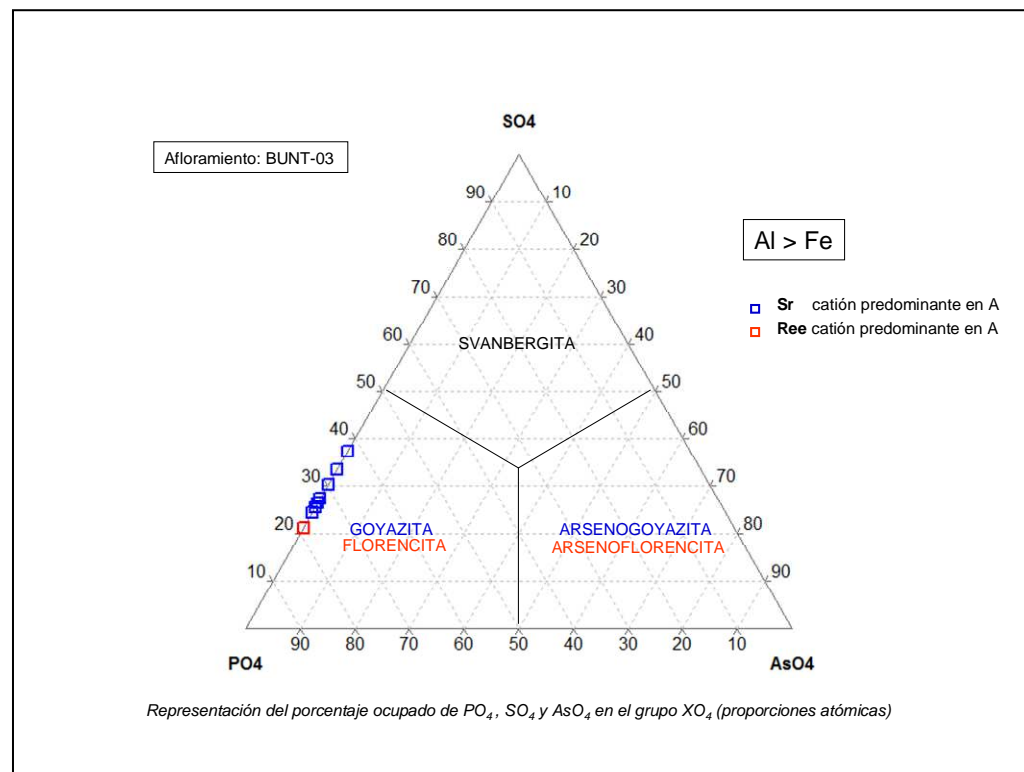
Clasificación mineralógica para las partículas de BUNT-03. de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999).

Muestras FI-1 + FI-2

Partículas FIM - (15-18-19-21-24-25-26-28-31-53)

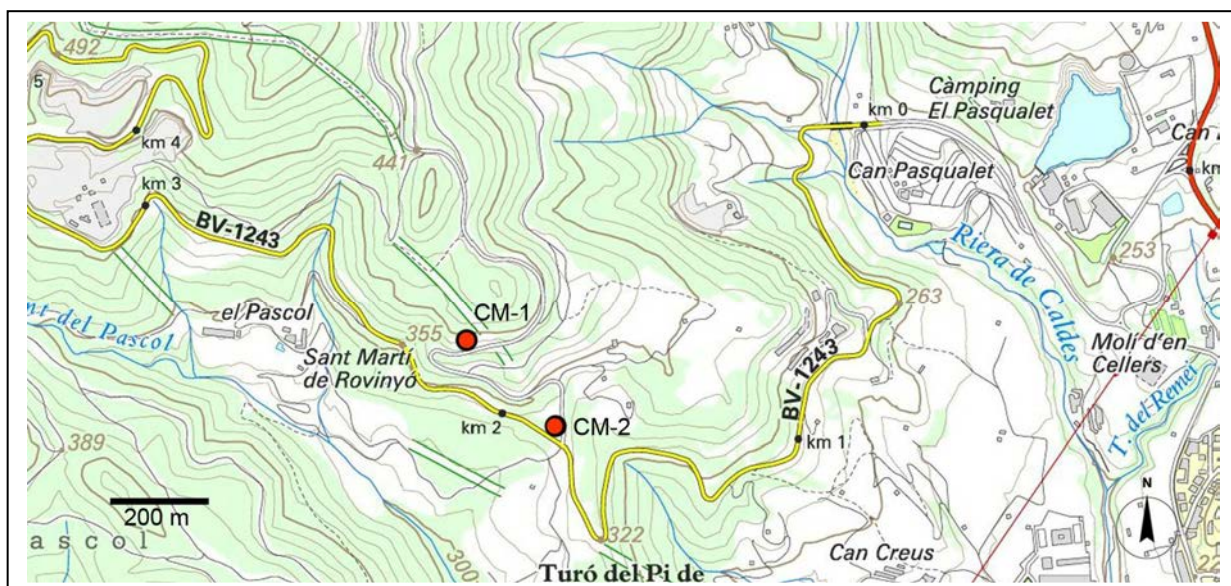
Participación en %A de SO₄, PO₄ y AsO₄ en el sitio X y catión predominante en A.

| Partículas | %SO ₄ | %PO ₄ | %AsO ₄ | Predominio |
|------------|------------------|------------------|-------------------|------------|
| FIM-15 | 33,416 | 66,584 | 0,000 | Sr |
| FIM-18 | 21,667 | 78,333 | 0,000 | Sr |
| FIM-19 | 26,422 | 73,578 | 0,000 | Sr |
| FIM-21 | 24,215 | 75,177 | 0,608 | Sr |
| FIM-24 | 30,832 | 69,168 | 0,000 | Sr |
| FIM-25 | 37,712 | 62,288 | 0,000 | Sr |
| FIM-26 | 27,634 | 72,366 | 0,000 | Sr |
| FIM-28 | 26,261 | 73,739 | 0,000 | Sr |
| FIM-31 | 21,645 | 78,355 | 0,000 | REE |
| FIM-53 | 25,748 | 73,397 | 0,855 | Sr |



Todas las partículas analizadas con predominio de Sr en A se sitúan en el sector de la goyazita. La partícula con predominio de REE (FIM-31), corresponde a florencita (Ce).

Afloramiento: BUNT- 04 (Caldes de Montbui)



Localización: Al W de Caldes de Montbui. Ctra. BV-1243, km 2.

Muestras:

CM-1 (Fig. 1)
UTMX: 428745E
UTMY: 4610316N

CM-2 (Fig. 2)
UTMX: 428908E
UTMY: 4610193N

Fecha de obtención: 05/10/2014

Edad: Triásico
Facies: *Buntsandstein inferior*

Legenda: I.G.C. (ver pag, xx)



Mapa geológico del afloramiento con la situación de las muestras CM-1 y CM-2



Fig.1: Muestra CM-1. Obtención selectiva. Peso 18.010 gr. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein inferior*.



Fig.2: Muestra CM-2. Obtención selectiva. Peso 17.950 gr. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein inferior*.

Se han unificado las partículas de minerales pesados obtenidas de las muestras CM-1 y CM-2.

Las partículas de minerales APS de este afloramiento han resultado ser atraíbles en el separador Frantz a partir de 0,80 amperios y algunas en la fracción diamagnética.

Su color es de marrón en varios tonos hasta beige. Con formas redondeadas siendo algunas relativamente ovoides (Figs. 3-4).

Son algo más rugosas y menos anaranjadas que las correspondientes a los sedimentos miocénicos, presentando algunas zonas policristalinas. Las acompañan en cierta abundancia romboedros de dolomita (Figs. 5-6).

Las hemos separado manualmente de cada fracción granulométrica y rango electromagnético

Sus abundancias se estiman alrededor de las 400 partículas por 100kg de muestra selectiva.



Fig.3: Partículas de APS, de tamaño >100 μm recuperadas a 0,80A en el separador Frantz.



Fig.4: Partículas de APS, de tamaño >100 μm recuperadas a 1,30A en el separador Frantz.

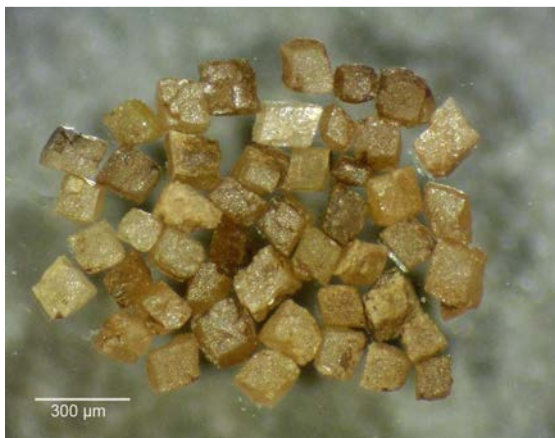


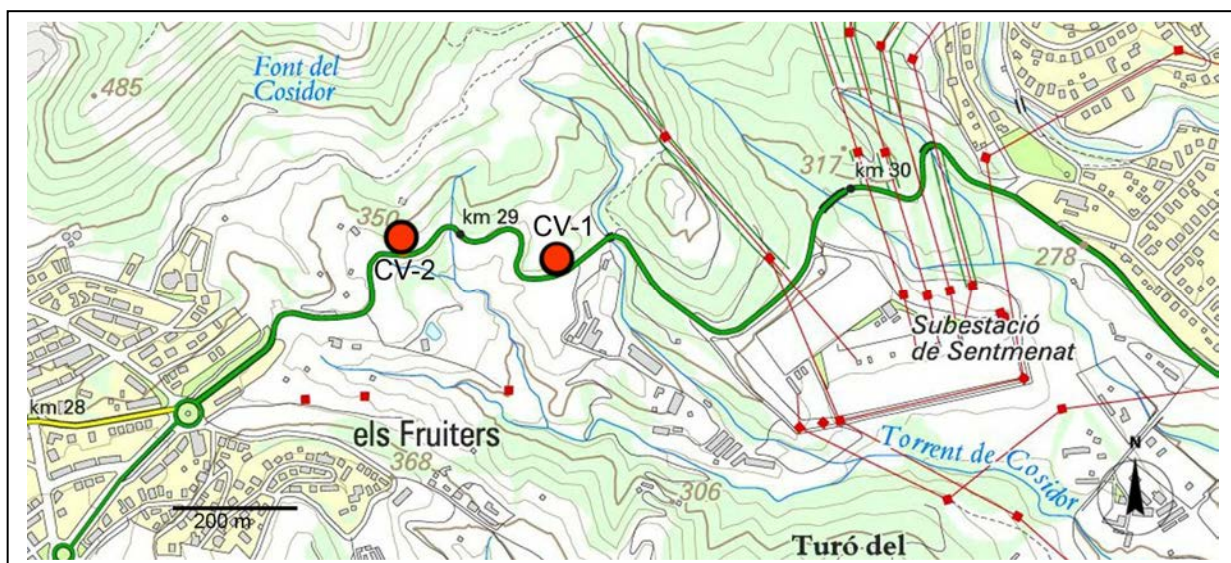
Fig.5: Partículas romboédricas de dolomita de tamaño >100 μm recuperadas a 0,80 A en el separador Frantz.



Fig.6: Partículas romboédricas de dolomita de tamaño >100 μm recuperadas a 1,30A en el separador Frantz.

Los procesos analíticos se exponen junto con los de Castellar del Vallès y Fontrubí a partir de la página .

Afloramiento: BUNT- 05 (Castellar del Vallès)



Localización: Al NNE de
Castellar del Vallès.
Ctra.C-1415a, km.29

Muestras:

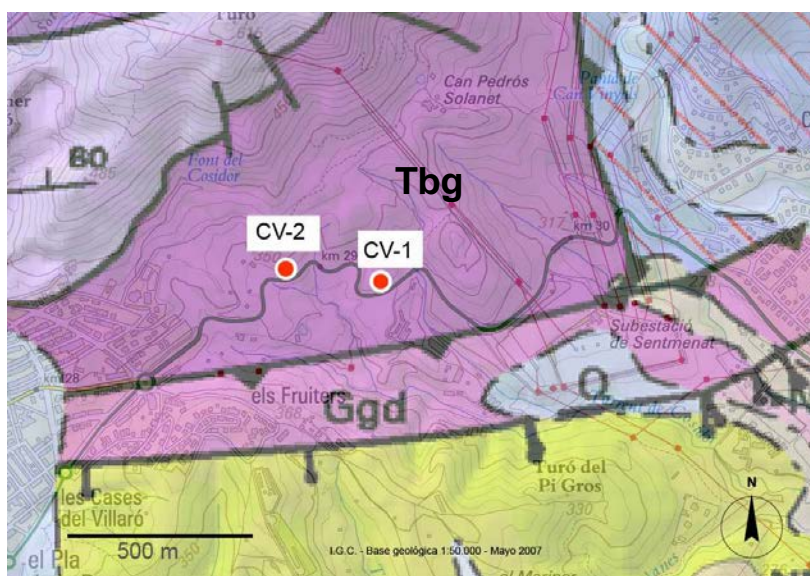
CV-1 (Fig. 1)
UTMX: 425450E
UTMY: 4608038N

CV-2 (Fig. 2)
UTMX: 425184E
UTMY: 4608072N

Fecha de obtención: 05/10/2014

Edad: Triásico
Facies: *Buntsandstein inferior*

Leyenda: I.G.C. (ver pag, xx)



Mapa geológico del afloramiento con la situación de las muestras CV1 y CV-2



Fig.1: Muestra CV-1. Obtención selectiva. Peso 10.510 gr. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein inferior*.



Fig.2: Muestra CV-2. Obtención selectiva. Peso 11.950 gr. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein inferior*.

Se han unificado las partículas de minerales pesados obtenidas de las muestras CV-1 y CV-2.

Las partículas de minerales APS de este afloramiento han resultado ser atraíbles en el separador Frantz a partir de 0,45 amperios y algunas en la fracción diamagnética.

Su color es de marrón en varios tonos hasta beige. Con formas redondeadas siendo algunas relativamente ovoides (Figs. 3-4-5-6).

Son algo más rugosas y menos anaranjadas que las correspondientes a los sedimentos miocénicos, presentando algunas zonas policristalinas.

Las hemos separado manualmente de cada fracción granulométrica y rango electromagnético

Sus abundancias se estiman alrededor de las 500 partículas por 100kg de muestra selectiva.



Fig.3: Partículas de APS, de tamaño >100 μm recuperadas a 0,45A en el separador Frantz.



Fig.4: Partículas de APS, de tamaño >100 μm recuperadas a 1,30A en el separador Frantz.

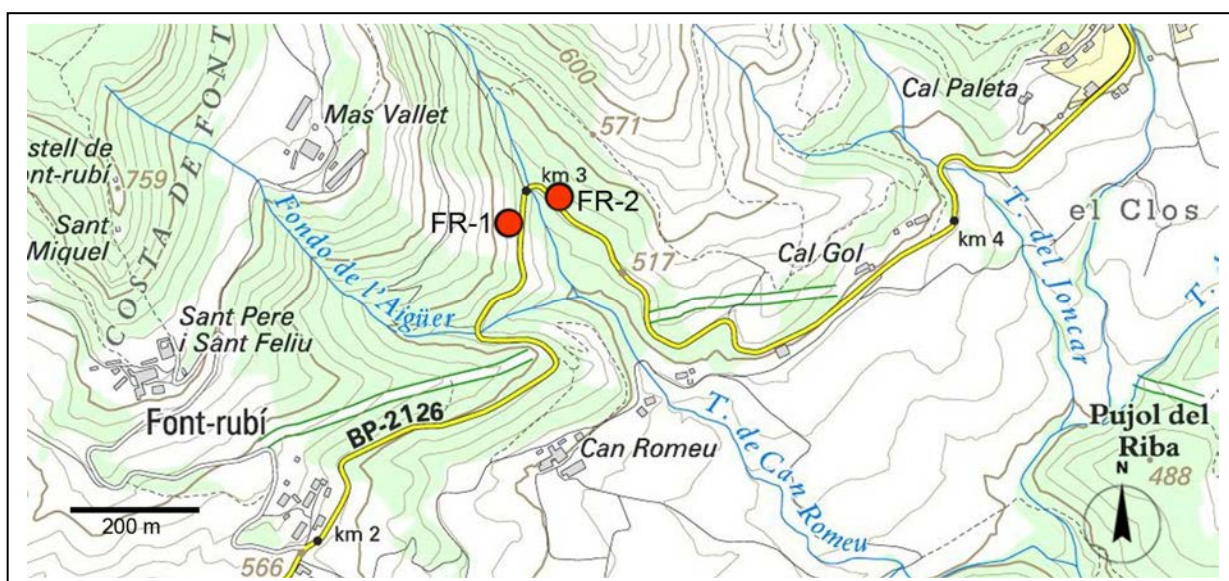


Fig.5: Partículas de APS, de tamaño >100 μm recuperadas a 0,80A en el separador Frantz.



Fig.6: Partículas de APS, de tamaño >100 μm recuperadas a 0,80A en el separador Frantz.

Afloramiento: BUNT- 06 (Fontrubi)



Localización: Al N.N.E de
Fontrubí. Ctra. BP-2126, km 3.

Muestras:

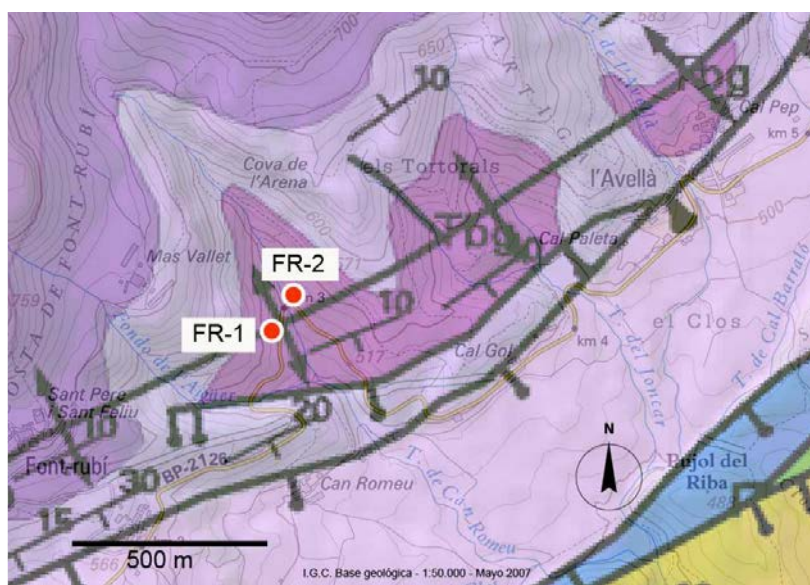
FR-1 (Fig. 1)
UTMX: 382651E
UTMY: 4588335N

FR-2 (Fig. 2)
UTMX: 382665E
UTMY: 4588502N

Fecha de obtención: 02/06/2015

Edad: Triásico
Facies: *Buntsandstein inferior*

Legenda: I.G.C. (ver pag, xx)



Mapa geológico del afloramiento con la situación de las muestras FR-1 y FR-2



Fig.1: Muestra FR-1. Obtención selectiva. Peso 12.110 gr. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein inferior*.



Fig.2: Muestra FR-2. Obtención selectiva. Peso 10.850 gr. La litología corresponde a areniscas y arcillas rojas de la facies *Buntsandstein inferior*.

Se han unificado las partículas de minerales pesados obtenidas de las muestras FR-1 y FR-2.

Las partículas de minerales APS de este afloramiento han resultado ser atraíbles en el separador Frantz a partir de 0,45 amperios y algunas en la fracción diamagnética.

Su color es de marrón en varios tonos hasta beige. Con formas redondeadas siendo algunas relativamente ovoides (Figs.3-4-5-6).

Son algo más rugosas y menos anaranjadas que las correspondientes a los sedimentos miocénicos y presentan algunas zonas policristalinas.

Las hemos separado manualmente de cada fracción granulométrica y rango electromagnético

Sus abundancias se estima no superan las 300 partículas por 100kg de muestra selectiva.



Fig.3: Partículas de APS, de tamaño $>100 \mu\text{m}$ recuperadas a 0,45A en el separador Frantz.



Fig.4: Partículas de APS, de tamaño $>100 \mu\text{m}$ recuperadas a 0,60A en el separador Frantz.



Fig.5: Partículas de APS, de tamaño $>100 \mu\text{m}$ recuperadas a 0,80A en el separador Frantz.



Fig.6: Partículas de APS, de tamaño $>100 \mu\text{m}$ recuperadas a 1,30A en el separador Frantz.

Procesos analíticos para Caldes de Montbui, Castellar del Vallès y Fontrubí

Hemos seleccionado 10 partículas (CAV-4, CAV-5a, CAV-5b), (CAM-36a, CAM-36b, CAM-41) y (FRU-14, FRU-15, FRU-17, FRU-19), que una vez situadas sobre un "stub" carbonizado se han procesado por SEM/EDS.

Los cálculos y diagramas realizados son de las mismas características que los aplicados a las partículas del Mioceno.

Composición química de las partículas del afloramiento BUNT-04 obtenida por EDS y expresada en A%.

| Partícula | O A% | F A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | K A% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | Ba A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | Gd A% | Totales |
|-----------|-------|------|-------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| CAM-36a | 63,78 | 0,00 | 13,37 | 8,20 | 5,25 | 1,71 | 1,37 | 1,03 | 1,97 | 0,76 | 1,74 | 0,00 | 0,17 | 0,51 | 0,00 | 0,15 | 0,00 | 100,0 |
| CAM-36b | 63,77 | 0,00 | 14,31 | 4,40 | 6,68 | 2,20 | 0,81 | 1,27 | 2,05 | 0,98 | 2,28 | 0,00 | 0,30 | 0,75 | 0,00 | 0,21 | 0,00 | 100,0 |
| CAM-41 | 64,54 | 0,00 | 15,59 | 4,67 | 6,88 | 3,28 | 1,02 | 1,35 | 1,09 | 0,45 | 0,00 | 0,00 | 0,23 | 0,63 | 0,00 | 0,29 | 0,00 | 100,0 |

Composición química de las partículas del afloramiento BUNT-05 obtenida por EDS y expresada en A%.

| Partícula | O A% | F A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | K A% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | Ba A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | Gd A% | Totales |
|-----------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| CAV-4 | 64,41 | 0,00 | 14,61 | 5,67 | 6,49 | 2,48 | 1,15 | 0,86 | 1,00 | 0,00 | 2,06 | 0,00 | 0,34 | 0,71 | 0,00 | 0,23 | 0,00 | 100,0 |
| CAV-5a | 63,81 | 0,00 | 15,61 | 0,96 | 12,01 | 0,80 | 0,13 | 0,47 | 0,83 | 0,00 | 2,26 | 0,00 | 0,79 | 1,67 | 0,00 | 0,65 | 0,00 | 100,0 |
| CAV-5b | 65,33 | 0,00 | 15,13 | 1,18 | 11,32 | 0,87 | 0,00 | 0,43 | 0,78 | 0,13 | 2,22 | 0,09 | 0,63 | 1,37 | 0,00 | 0,52 | 0,00 | 100,0 |

Composición química de las partículas del afloramiento BUNT-06 obtenida por EDS y expresada en A%.

| Partícula | O A% | F A% | Al A% | Si A% | P A% | S A% | Na% | K A% | MgA% | Ca A% | Fe A% | As A% | Sr A% | Ba A% | La A% | Ce A% | Pr A% | Nd A% | Gd A% | Totales |
|-----------|-------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---------|
| FRU-14 | 60,15 | 0,00 | 15,80 | 4,28 | 8,33 | 3,41 | 0,32 | 0,71 | 0,00 | 1,27 | 0,90 | 0,00 | 3,47 | 0,00 | 0,38 | 0,96 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| FRU-15 | 59,06 | 0,00 | 17,30 | 1,08 | 13,50 | 1,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,58 | 0,73 | 0,00 | 2,41 | 0,00 | 1,05 | 2,44 | 0,00 | 0,83 | 0,00 | 100,0 |
| FRU-17 | 64,23 | 0,00 | 14,15 | 4,21 | 5,34 | 5,05 | 0,00 | 2,15 | 0,23 | 0,66 | 1,06 | 0,00 | 2,65 | 0,00 | 0,00 | 0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 100,0 |
| FRU-19 | 63,13 | 0,00 | 12,57 | 8,30 | 6,00 | 2,07 | 0,19 | 1,45 | 0,32 | 1,02 | 1,80 | 0,09 | 2,34 | 0,00 | 0,24 | 0,36 | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 100,0 |

Cálculo del % mol que ocupa cada elemento en su fracción de la fórmula general

Cálculo del elemento predominante en el sitio A (en A%)



Afloramientos BUNT-04 y BUNT-05

| Partícula | % mol | | | | | | | | | | | | | | | | | A% | |
|-----------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|---------|----------|
| | P/X | S/X | As/X | Si/X | Al/B | Fe/B | Ca/A | Sr/A | Ba/A | K/A | La/A | Ce/A | Pr/A | Nd/A | Gd/A | Ree/A | (A-Ree)/A | (Sr-RE) | (Sr-Ca) |
| CAV-4 | 44,33 | 16,94 | 0,00 | 38,73 | 93,59 | 6,41 | 16,07 | 38,50 | 0,00 | 21,50 | 6,36 | 13,27 | 0,00 | 4,30 | 0,00 | 23,93 | 76,07 | 0,78 | 1,200 |
| CAV-5a | 87,22 | 5,81 | 0,00 | 6,97 | 94,95 | 5,05 | 7,87 | 37,86 | 0,00 | 2,18 | 13,23 | 27,97 | 0,00 | 10,89 | 0,00 | 52,09 | 47,91 | -0,85 | 1,790 |
| CAV-5b | 83,85 | 6,44 | 0,96 | 8,74 | 95,10 | 4,90 | 8,17 | 42,21 | 1,71 | 0,00 | 11,98 | 26,05 | 0,00 | 9,89 | 0,00 | 47,91 | 52,09 | -0,30 | 1,790 |
| CAM-36a | 32,98 | 10,74 | 4,77 | 51,51 | 87,16 | 12,84 | 20,72 | 35,01 | 0,00 | 27,57 | 3,42 | 10,26 | 0,00 | 3,02 | 0,00 | 16,70 | 83,30 | 0,91 | 0,710 |
| CAM-36b | 46,84 | 15,43 | 6,87 | 30,86 | 87,47 | 12,53 | 22,60 | 40,57 | 0,00 | 14,41 | 5,34 | 13,35 | 0,00 | 3,74 | 0,00 | 22,42 | 77,58 | 1,02 | 1,010 |
| CAM-41 | 45,03 | 21,47 | 2,95 | 30,56 | 93,47 | 6,53 | 38,35 | 0,00 | 0,00 | 28,98 | 6,53 | 17,90 | 0,00 | 8,24 | 0,00 | 32,67 | 67,33 | -1,15 | -1,350 |
| | 56,71 | 12,80 | 2,59 | 27,89 | 91,96 | 8,04 | 18,97 | 32,36 | 0,29 | 15,77 | 7,81 | 18,13 | 0,00 | 6,68 | 0,00 | 32,62 | 67,38 | → | Promedio |
| | 20,89 | 5,67 | 2,56 | 15,79 | 3,34 | 3,34 | 10,33 | 14,64 | 0,64 | 11,41 | 3,56 | 6,68 | 0,00 | 3,11 | 0,00 | 13,20 | 13,20 | → | Desvest |

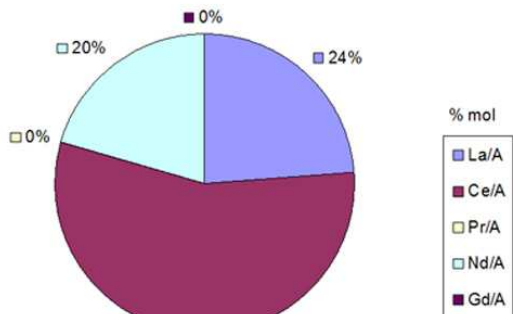
Afloramiento BUNT-06

| Partícula | % mol | | | | | | | | | | | | | | | | | | A% | | |
|-----------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|----------|----------|
| | P/X | S/X | As/X | Si/X | Al/B | Fe/B | Mg/A | Ca/A | Sr/A | Ba/A | Na/A | K/A | La/A | Ce/A | Pr/A | Nd/A | Gd/A | Ree/A | (A-Ree)/A | (Sr-REE) | (Sr-Ca) |
| FRU-14 | 52,00 | 21,29 | 0,00 | 26,72 | 94,61 | 5,39 | 0,00 | 17,86 | 48,80 | 0,00 | 4,50 | 9,99 | 5,34 | 13,50 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 18,85 | 81,15 | 2,13 | 2,200 |
| FRU-15 | 86,48 | 6,60 | 0,00 | 6,92 | 95,95 | 4,05 | 0,00 | 7,93 | 32,97 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 14,36 | 33,38 | 0,00 | 11,35 | 0,00 | 59,10 | 40,90 | -1,91 | 1,830 |
| FRU-17 | 36,58 | 34,59 | 0,00 | 28,84 | 93,03 | 6,97 | 3,87 | 11,11 | 44,61 | 0,00 | 0,00 | 36,20 | 0,00 | 4,21 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 4,21 | 95,79 | 2,40 | 1,990 |
| FRU-19 | 36,45 | 12,58 | 0,55 | 50,43 | 87,47 | 12,53 | 5,30 | 16,89 | 38,74 | 0,00 | 3,15 | 24,01 | 3,97 | 5,96 | 0,00 | 1,99 | 0,00 | 11,92 | 88,08 | 1,62 | 1,320 |
| | 52,88 | 18,76 | 0,14 | 28,22 | 92,77 | 7,23 | 2,29 | 13,45 | 41,28 | 0,00 | 1,91 | 17,55 | 5,92 | 14,26 | 0,00 | 3,34 | 0,00 | 23,52 | 76,48 | → | Promedio |
| | 20,41 | 10,52 | 0,24 | 15,41 | 3,23 | 3,23 | 2,35 | 4,10 | 5,98 | 0,00 | 1,97 | 13,73 | 5,26 | 11,58 | 0,00 | 4,70 | 0,00 | 21,18 | 21,18 | → | Desvest |

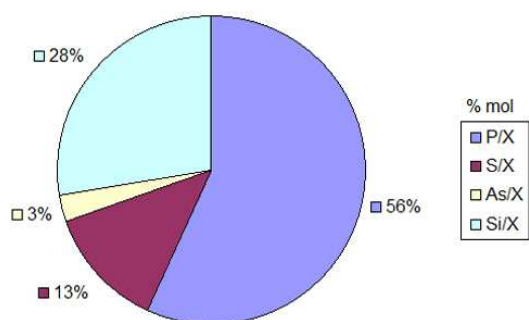
Gráficos circulares donde se representa para el conjunto de todas las partículas el % mol de los elementos que conforman los sitios X, B y A de la fórmula general

Afloramiento BUNT-04 + BUNT 05
 Partículas CAM v CAV

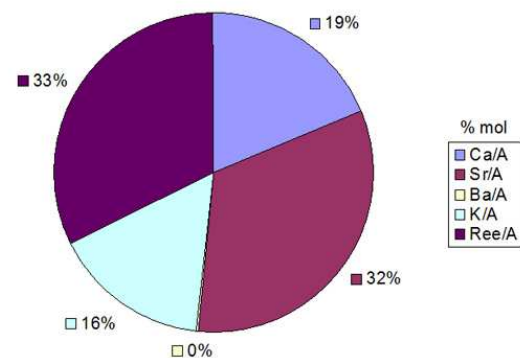
% mol de (La, Ce, Nd, Pr, Gd) en REE (valor promedio)



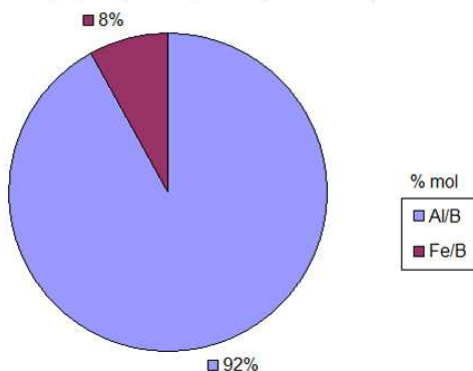
% mol (P, S, As, Si) en X (valor promedio)



% mol (Ca, Sr, K, Ba, REE) en A (valor promedio)

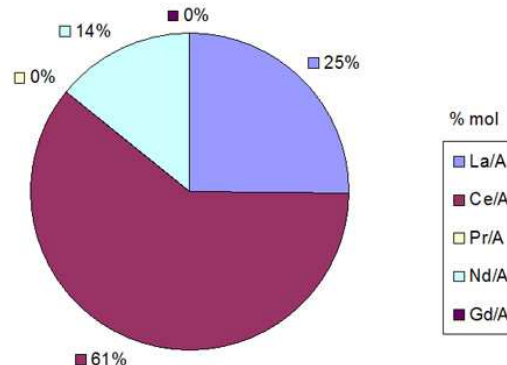


% mol (Al, Fe) en B (valor promedio)

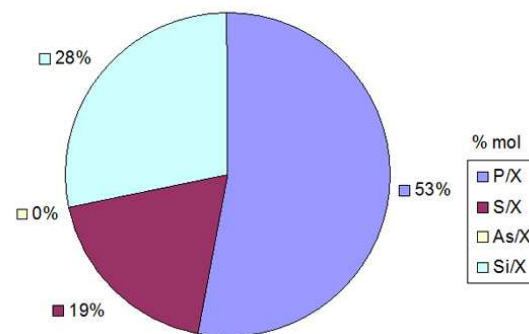


Afloramiento BUNT-06
 Partículas FRU

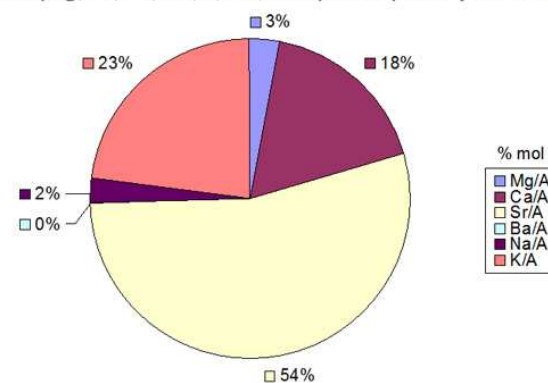
% mol de (La, Ce, Nd, Pr, Gd) en REE (valor promedio)



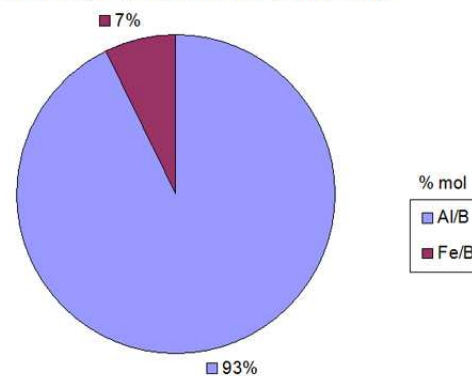
% mol (P, S, As, Si) en X (valor promedio)



% mol (Mg, Ca, Sr, Na, K, Ba, REE) en A (valor promedio)



% mol (Al, Fe) en B (valor promedio)



Composición química de las partículas de los afloramientos BUNT- 04, BUNT-05 y BUNT-06 expresada en número de átomos por fórmula unitaria en base a X=2

| Partícula | F | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|
| CAM-36a | 0 | 0,66 | 0,21 | 0,10 | 1,03 | 1,68 | 0,25 | 0,17 | 0,13 | 0,22 | 0,00 | 0,02 | 0,06 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,62 | 1,93 | 2,00 | 0,15 |
| CAM-36b | 0 | 0,94 | 0,31 | 0,14 | 0,62 | 2,01 | 0,29 | 0,11 | 0,18 | 0,32 | 0,00 | 0,04 | 0,11 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,79 | 2,29 | 2,00 | 2,21 |
| CAM-41 | 0 | 0,90 | 0,43 | 0,06 | 0,61 | 2,04 | 0,14 | 0,13 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,08 | 0,00 | 0,04 | 0,00 | 0,46 | 2,18 | 2,00 | 1,31 |

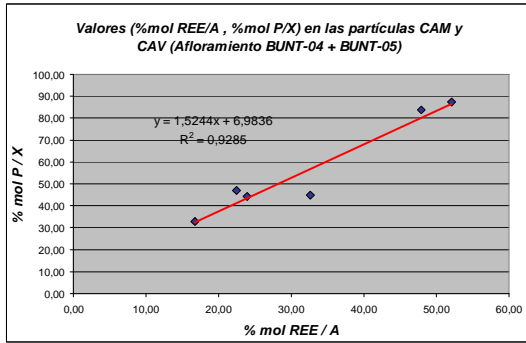
| Partícula | F | P | S | As | Si | Al | Fe | K | Ca | Sr | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Total es | OH- |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|----------|------|
| CAV-4 | 0 | 0,89 | 0,34 | 0,00 | 0,77 | 2,00 | 0,14 | 0,16 | 0,12 | 0,28 | 0,00 | 0,05 | 0,10 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,73 | 2,13 | 2,00 | 1,44 |
| CAV-5a | 0 | 1,74 | 0,12 | 0,00 | 0,14 | 2,27 | 0,12 | 0,02 | 0,07 | 0,33 | 0,00 | 0,11 | 0,24 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,87 | 2,39 | 2,00 | 3,31 |
| CAV-5b | 0 | 1,68 | 0,13 | 0,02 | 0,17 | 2,24 | 0,12 | 0,00 | 0,06 | 0,33 | 0,01 | 0,09 | 0,20 | 0,00 | 0,08 | 0,00 | 0,77 | 2,36 | 2,00 | 2,96 |

| Partícula | F | P | S | As | Si | Al | Fe | Na | Mg | K | Ca | Sr | Ba | La | Ce | Pr | Nd | Gd | Totales | Totales | Totales | OH- |
|-----------|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------|---------|---------|------|
| FRU-14 | 0 | 1,04 | 0,43 | 0,00 | 0,53 | 1,97 | 0,11 | 0,04 | 0,00 | 0,09 | 0,16 | 0,43 | 0,00 | 0,05 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,89 | 2,08 | 2,00 | 1,92 |
| FRU-15 | 0 | 1,73 | 0,13 | 0,00 | 0,14 | 2,22 | 0,09 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,07 | 0,31 | 0,00 | 0,13 | 0,31 | 0,00 | 0,11 | 0,00 | 0,94 | 2,31 | 2,00 | 3,35 |
| FRU-17 | 0 | 0,73 | 0,69 | 0,00 | 0,58 | 1,94 | 0,15 | 0,00 | 0,03 | 0,29 | 0,09 | 0,36 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,81 | 2,08 | 2,00 | 1,67 |
| FRU-19 | 0 | 0,73 | 0,25 | 0,01 | 1,01 | 1,53 | 0,22 | 0,02 | 0,04 | 0,18 | 0,12 | 0,28 | 0,00 | 0,03 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | 0,00 | 0,73 | 1,75 | 2,00 | 0,26 |

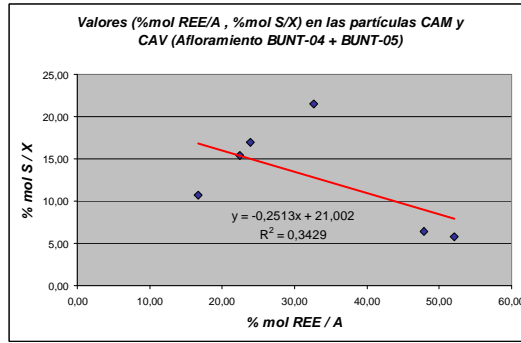
Fórmulas estructurales que se deducen de cada partícula

| | | | | |
|---------|---|---|---|--|
| CAM-36a | (K _{0,17} Ca _{0,13} Sr _{0,22} Ba _{0,00} La _{0,02} Ce _{0,06} Pr _{0,00} Nd _{0,02} Gd _{0,00}) Σ 0,62 | (Al _{1,68} Fe _{0,25}) Σ 1,93 | (P _{0,66} S _{0,21} As _{0,10} Si _{1,03}) Σ 2,00 | (OH _{0,15}) H ₂ O |
| CAM-36b | (K _{0,11} Ca _{0,18} Sr _{0,32} Ba _{0,00} La _{0,04} Ce _{0,11} Pr _{0,00} Nd _{0,03} Gd _{0,00}) Σ 0,79 | (Al _{2,01} Fe _{0,29}) Σ 2,29 | (P _{0,94} S _{0,31} As _{0,14} Si _{0,62}) Σ 2,00 | (OH _{2,21}) H ₂ O |
| CAM-41 | (K _{0,13} Ca _{0,18} Sr _{0,00} Ba _{0,00} La _{0,03} Ce _{0,08} Pr _{0,00} Nd _{0,04} Gd _{0,00}) Σ 0,46 | (Al _{2,04} Fe _{0,14}) Σ 2,18 | (P _{0,90} S _{0,43} As _{0,06} Si _{0,61}) Σ 2,00 | (OH _{1,31}) H ₂ O |
| CAV-4 | (K _{0,16} Ca _{0,12} Sr _{0,28} Ba _{0,00} La _{0,05} Ce _{0,10} Pr _{0,00} Nd _{0,03} Gd _{0,00}) Σ 0,73 | (Al _{2,00} Fe _{0,14}) Σ 2,13 | (P _{0,89} S _{0,34} As _{0,00} Si _{0,77}) Σ 2,00 | (OH _{1,44}) H ₂ O |
| CAV-5a | (K _{0,02} Ca _{0,07} Sr _{0,33} Ba _{0,00} La _{0,11} Ce _{0,24} Pr _{0,00} Nd _{0,09} Gd _{0,00}) Σ 0,87 | (Al _{2,27} Fe _{0,12}) Σ 2,39 | (P _{1,74} S _{0,12} As _{0,00} Si _{0,14}) Σ 2,00 | (OH _{3,31}) H ₂ O |
| CAV-5b | (K _{0,00} Ca _{0,06} Sr _{0,33} Ba _{0,03} La _{0,09} Ce _{0,20} Pr _{0,00} Nd _{0,08} Gd _{0,00}) Σ 0,77 | (Al _{2,24} Fe _{0,12}) Σ 2,36 | (P _{1,68} S _{0,13} As _{0,02} Si _{0,17}) Σ 2,00 | (OH _{2,96}) H ₂ O |
| FRU-14 | (K _{0,09} Ca _{0,16} Sr _{0,43} Na _{0,04} La _{0,05} Ce _{0,12} Pr _{0,00} Nd _{0,00} Gd _{0,00}) Σ 0,89 | (Al _{1,97} Fe _{0,11}) Σ 2,08 | (P _{1,04} S _{0,43} As _{0,00} Si _{0,53}) Σ 2,00 | (OH _{1,92}) H ₂ O |
| FRU-15 | (K _{0,00} Ca _{0,07} Sr _{0,31} Ba _{0,00} La _{0,13} Ce _{0,31} Pr _{0,00} Nd _{0,11} Gd _{0,00}) Σ 0,94 | (Al _{2,22} Fe _{0,09}) Σ 2,31 | (P _{1,73} S _{0,13} As _{0,00} Si _{0,14}) Σ 2,00 | (OH _{3,35}) H ₂ O |
| FRU-17 | (K _{0,29} Ca _{0,09} Sr _{0,36} Mg _{0,03} La _{0,00} Ce _{0,03} Pr _{0,00} Nd _{0,00} Gd _{0,00}) Σ 0,81 | (Al _{1,94} Fe _{0,15}) Σ 2,08 | (P _{0,73} S _{0,69} As _{0,00} Si _{0,58}) Σ 2,00 | (OH _{1,67}) H ₂ O |
| FRU-19 | (K _{0,18} Ca _{0,12} Sr _{0,28} Na _{0,02} Mg _{0,04} La _{0,03} Ce _{0,04} Pr _{0,00} Nd _{0,01}) Σ 0,73 | (Al _{1,53} Fe _{0,22}) Σ 1,75 | (P _{0,97} S _{0,34} As _{0,01} Si _{0,68}) Σ 2,00 | (OH _{0,26}) H ₂ O |

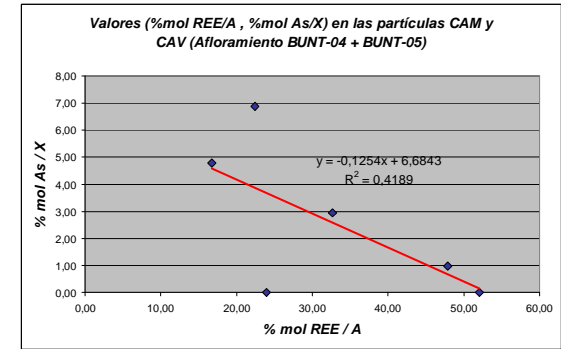
Gráficos de dispersión donde se comparan los valores obtenidos de % mol REE/A con los de: (% mol P/X, %mol S/X, %mol As/X), (% mol Ca/A, % mol Sr/A, % mol K/A) y % mol (A-REE)/A. Los obtenidos comparando %mol Sr con los de: (% mol S/X, %mol P/X) de **BUNT-04** y **BUNT-05**. Se han elaborado para observar los posibles arados de sustitución v su línea de tendencia.



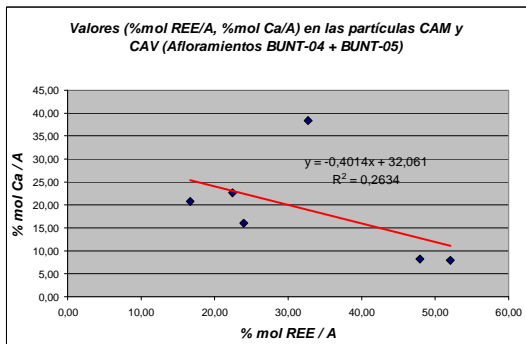
Tendencia lineal: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol P/X)



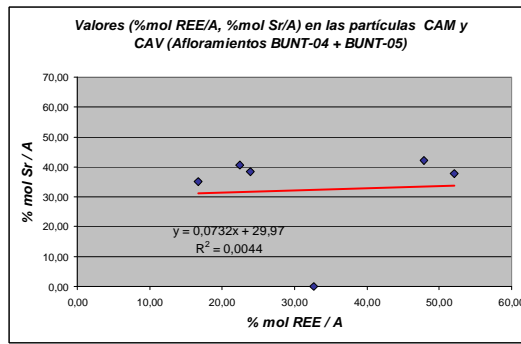
T. lineal mayoritaria: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol S/X)



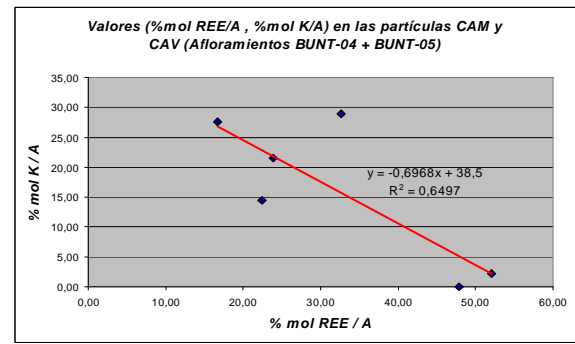
T. lineal mayoritaria: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol As/X)



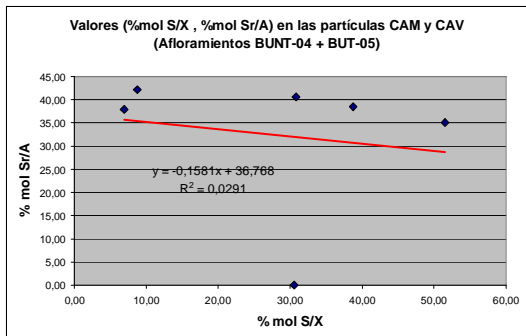
Tendencia linea: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Ca/A)



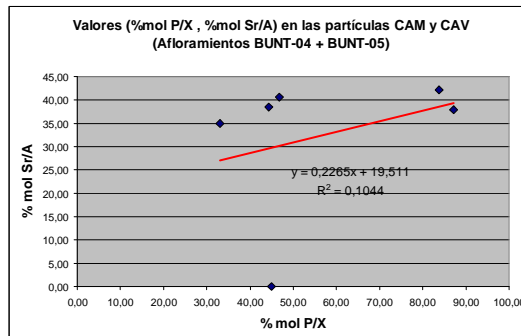
T. lineal mayoritaria: + Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Sr/A)



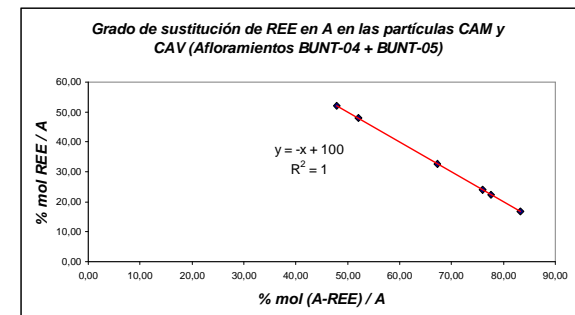
T. lineal mayoritaria: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol K/A)



T. lineal mayoritaria: - Δ (%mol Sr/A) ↔ +Δ (%mol S/X)

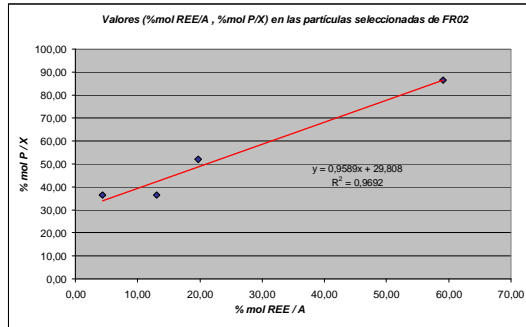


T. lineal mayoritaria: + Δ (%mol Sr/A) ↔ +Δ (%mol P/X)

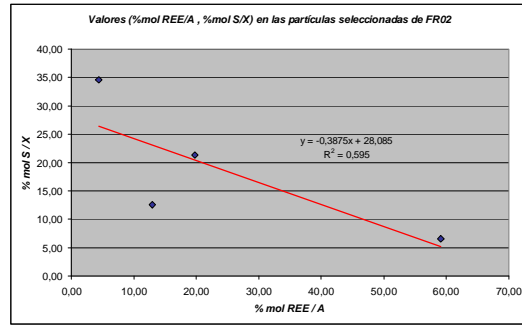


Distribución valores [%mol (A-REE)/A, %mol REE/A] en perfecta tendencia lineal

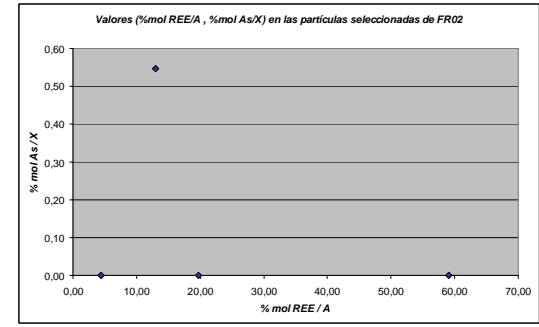
Gráficos de dispersión donde se comparan los valores obtenidos de % mol REE/A con los de: (% mol P/X, %mol S/X, %mol As/X), (% mol Ca/A, % mol Sr/A, % mol K/A) y % mol (A-REE)/A. Los obtenidos comparando %mol Sr con los de: (% mol S/X, %mol P/X) de BUNT-06. Se han elaborado para observar los posibles grados de sustitución y su línea de tendencia.



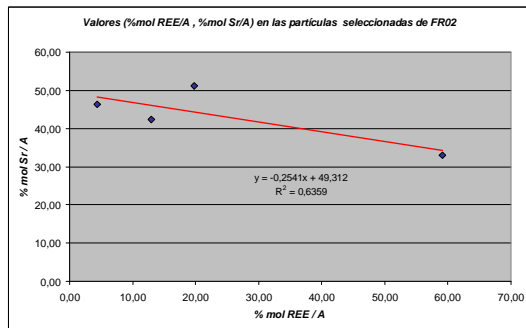
Tendencia lineal: +Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol P/X)



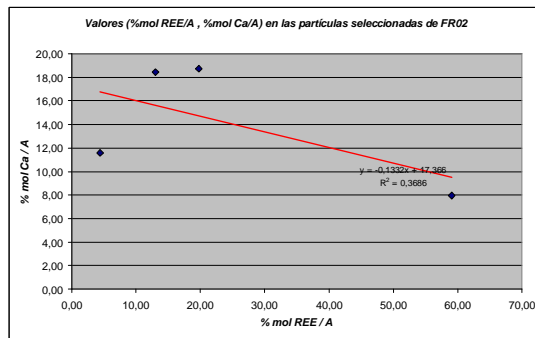
T. lineal mayoritaria: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol S/X)



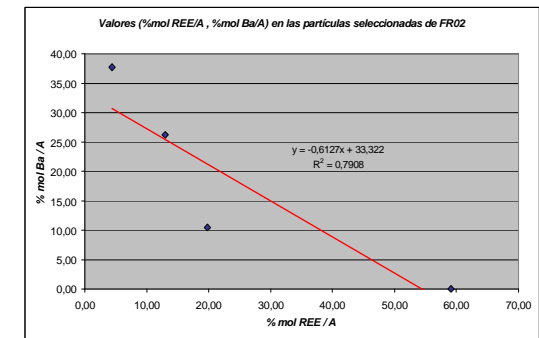
Valores (%mol REE/A, %mol As/X) sin tendencia aparente



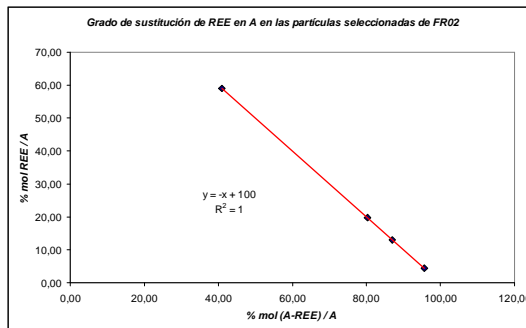
Tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Sr/A)



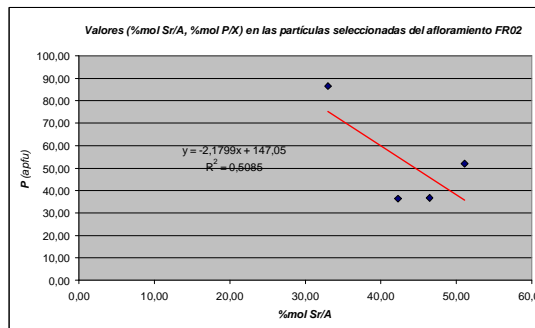
T. lineal mayoritaria: - Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Ca/A)



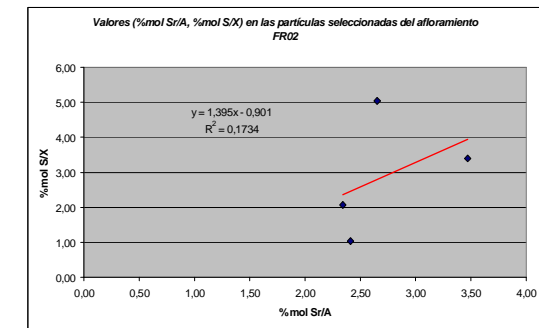
Tendencia lineal: -Δ (%mol REE/A) ↔ +Δ (%mol Ba/A)



[%mol (A-REE)/A, %mol REE/A] en perfecta tendencia lineal



T. lineal mayoritaria: - Δ (%mol Sr/A) ↔ +Δ (%mol P/X)



T. lineal mayoritaria: + Δ (%mol Sr/A) ↔ +Δ (%mol S/X)

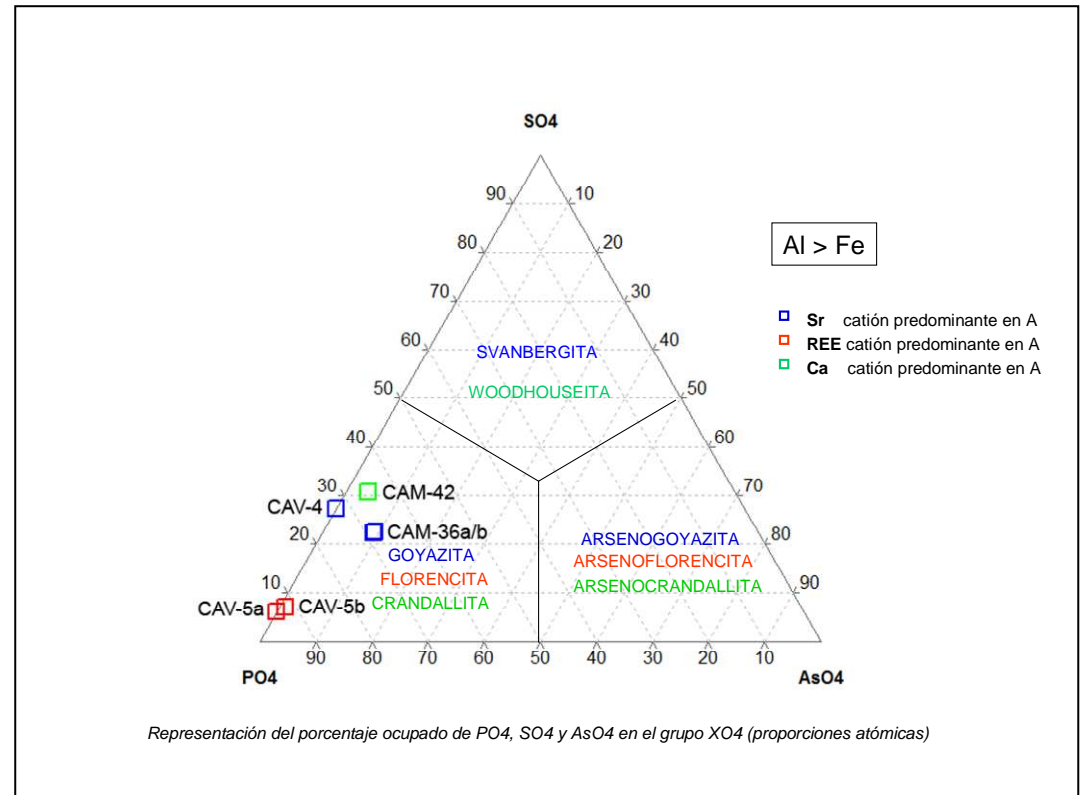
Clasificación mineralógica para las partículas de BUNT- 04 y BUNT- 05, de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999).

Muestras: (CV1 y CV-2)+(CM1 y CM-2)

Partículas: CAV-(4-5a-5b), CAM-(36a-36b-42)

Participación en %A de SO₄, PO₄ y AsO₄ en el sitio X
Indicando el catión predominante en A.

| Partículas | %SO ₄ | %PO ₄ | %AsO ₄ | Predominio |
|------------|------------------|------------------|-------------------|------------|
| CAV-4 | 27,648 | 72,352 | 0,000 | Sr |
| CAV-5a | 6,245 | 93,755 | 0,000 | REE |
| CAV-5b | 7,062 | 91,883 | 1,055 | REE |
| CAM-36a | 22,150 | 68,005 | 9,845 | Sr |
| CAM-36b | 22,312 | 67,748 | 9,939 | Sr |
| CAM-42 | 30,914 | 64,844 | 4,241 | Ca |



Todas las partículas analizadas con predominio de Sr (CAV-4, CAM-36a, y CAM 36-b), están situadas en el sector de la goyazita. Las partículas (CAV-5a y CAV-5b) con predominio de REE corresponden a florencita(Ce). La partícula CAM-42 con Ca predominante corresponde a crandallita.

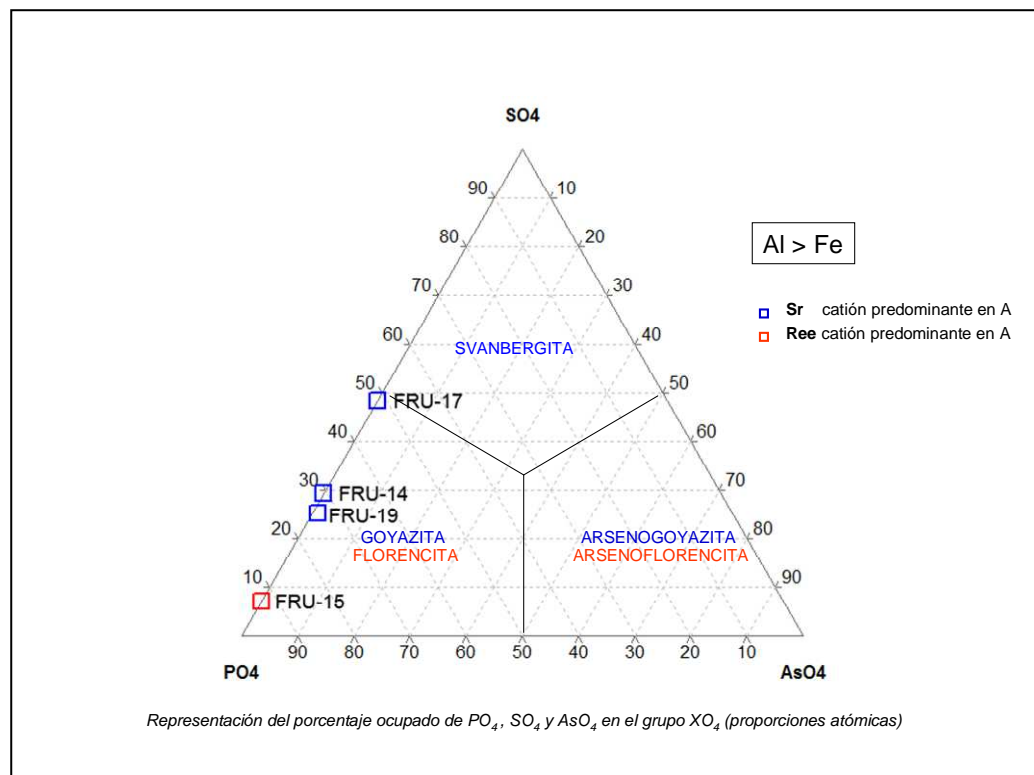
Clasificación mineralógica para las partículas de BUNT- 06 de acuerdo con el sistema ternario propuesto por J.L. Jambor (1999).

Muestras: FR-1+FR-2

Partículas: FRU-(14-15-17-19)

Participación en %A de SO₄, PO₄ y AsO₄ en el sitio X
 Indicando el catión predominante en A.

| Partículas | %SO ₄ | %PO ₄ | %AsO ₄ | Predominio |
|------------|------------------|------------------|-------------------|------------|
| FRU-14 | 29,046 | 70,954 | 0,000 | Sr |
| FRU-15 | 7,089 | 92,911 | 0,000 | REE |
| FRU-17 | 48,604 | 51,396 | 0,000 | Sr |
| FRU-19 | 25,368 | 73,529 | 1,103 | Sr |



Todas las partículas analizadas con predominio de Sr (FRU-14, FRU-17, y FRU-19), están situadas en el sector de la *goyazita*. La FRU-17 muy próxima a la *svanbergita*. La FRU-15 con predominio de REE corresponde a la *florencita*(Ce).

Características de las partículas APS del Mioceno comparadas con las del Buntsandstein

Ambas poseen formas y tamaños similares. Así como también la composición química y el comportamiento de los diferentes elementos dentro de cada sitio de la fórmula.

La mineralogía que se deduce de los datos analíticos es la misma en ambas.

Ligeras pero destacables diferencias en cuanto al aspecto de la superficie. (Tabla 1)

Cabe destacar que con las correspondientes al Buntsandstein y en la fracción diamagnética de la misma muestra, aparecen otras morfológicamente parecidas que corresponden a fluorapatitos (algunos con pequeños contenidos de REE) y otras en el resto de fracciones electromagnéticas que están compuestas fundamentalmente por una mezcla de cuarzo, hematites, illita y feldespatos potásico en proceso de alteración. Ambas son fácilmente confundibles, aunque presentan unas formas menos redondeadas, unos colores de tonos algo diferentes y una superficie más rugosa. (Tabla xx).

Tabla 1: Esquema comparativo entre las partículas APS de Mioceno y del Buntsandstein

| | Partículas APS Mioceno | Partículas APS área fuente (Buntsandstein) |
|-----------------------|---|--|
| Formas | Redondeadas / nodulares (reniformes) Algunas ovoides | Redondeadas / nodulares (reniformes) Más proporción de ovoides |
| Tamaño | No superiores a 500 micras | No superiores a 500 micras |
| Superficies | Desgastadas con grabado característico Escasas superficies policristalinas | Poco desgastadas y más rugosas Abundantes superficies policristalinas |
| Color | Marrón, anaranjado, beige y beige claro | Marrón oscuro, marrón, beige y beige claro |
| Frantz | Atraibles a partir de 0,60A hasta 1,30A | Atraibles a partir de 0,45A hasta 1,30A |
| Quimismo | Al>Fe, PO ₄ >SO ₄ >AsO ₄ Predominio: (Sr / REE). Ocasional: Ca | Al>Fe, PO ₄ >SO ₄ >AsO ₄ Predominio: (Sr / REE). Ocasional: Ca |
| Sustitución elementos | Los grados de sustitución de elementos y las tendencias son del mismo tipo y magnitud (Ver relación en la Tabla 2) | |
| Mineralogía | Goyazita y Florencita (Ce)-(La) Minoritarios; Woodhouseita y Crandallita Svanbergita en una sola partícula | Goyazita y Florencita (Ce)-(La) Minoritarios; Woodhouseita y Crandallita |
| Otros aspectos | En relación directa de cantidad con los fluorapatitos de la fracción diamagnética | Asociadas con fluorapatito (±REE) y nódulos de (cuarzo/hematites/illita/FK) |

Tabla 2: Grados de sustitución y tendencias en las partículas del Mioceno y del Buntsandstein

| Probetas | %mol REE | | | | | | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | %mol P/X | %mol S/X | %mol As/X | %mol Sr/A | %mol Ca/A | %mol K/A | %mol Ba/A |
| Mioceno | | | | | | | |
| G-01 | ST | ST | ST | TL -Δ ↔ +Δ | ST | LM +Δ ↔ +Δ | ST |
| G-02a | TL +Δ ↔ +Δ | TL -Δ ↔ +Δ | ST | TL -Δ ↔ +Δ | ST | ST | ST |
| G-02b | LM +Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | LM +Δ ↔ +Δ | TL +Δ ↔ +Δ | TL -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ |
| T | ST | ST | ST | TL -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | ST | ST |
| S | TL +Δ ↔ +Δ | TL -Δ ↔ +Δ | ST | TL -Δ ↔ +Δ | ST | ST | ST |
| G4 | TL +Δ ↔ +Δ | TL -Δ ↔ +Δ | TL -Δ ↔ +Δ | ST | ST | TL -Δ ↔ +Δ | ST |
| Promedio | TL +Δ ↔ +Δ | TL -Δ ↔ +Δ | SP | TL -Δ ↔ +Δ | TL -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ |
| Partículas | | | | | | | |
| Bunts | | | | | | | |
| BUNT-01 | TL +Δ ↔ +Δ | TL -Δ ↔ +Δ | ST | TL -Δ ↔ +Δ | ST | ST | ST |
| BUNT-02 | ST | LM +Δ ↔ +Δ | ST | TL -Δ ↔ +Δ | LM +Δ ↔ +Δ | ST | ST |
| BUNT-03 | LM +Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | ST | LM -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | ST | LM -Δ ↔ +Δ |
| BUNT-04/05 | TL +Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | LM +Δ ↔ +Δ | TL -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | ST |
| BUNT-06 | TL +Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | ST | TL -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | ST | TL -Δ ↔ +Δ |
| Promedio | TL +Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | SP | TL -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ | LM -Δ ↔ +Δ |

TL -Δ ↔ +Δ

Tendencia lineal manifiesta: Disminución valores %mol REE/A implica aumento valores del %mol comparado

TL +Δ ↔ +Δ

Tendencia lineal manifiesta: Aumento valores %mol REE/A implica aumento valores %mol comparado

LM -Δ ↔ +Δ

Tendencia lineal mayoritaria: Disminución valores %mol REE/A implica aumento valores %mol comparado

LM Δ ↔ +Δ

Tendencia lineal mayoritaria: Aumento valores %mol REE/A implica aumento valores %mol comparado

ST

Sin tendencia lineal apreciable

SP

Sin promedio (solo aparece en algunos puntos de análisis y con signos contrarios).

Para ambas procedencias se observa que:

- Las REE están en relación directa con el fósforo (un aumento de REE supone en general un aumento de P).

- Las REE están en relación inversa con el estroncio, en menor proporción con el azufre, calcio y también con bario y potasio (cuando entran en fórmula). Respecto al arsénico, que solo aparece en algunos puntos de análisis, no se puede manifestar una relación definida.

De la comparación de estos promedios y los caracteres morfológicos estudiados, se deduce que las partículas obtenidas en los sedimentos miocénicos, así como las correspondientes a los afloramientos muestreados de la facies Buntsandstein, poseen las mismas características químicas y mineralógicas. Por lo tanto, podemos asegurar que el nivel inferior del Buntsandstein es el lugar de su formación y constituye el área fuente de las mismas.

Los procesos de alteración rubefactante entre finales del Carbonífero y principios del Pérmico acontecidos en la Cordillera Costero-Catalana y su relación con la formación de minerales APS.

Durante el período de transición entre el Paleozoico y el Mesozoico y como consecuencia de una exhumación generalizada durante las últimas etapas de la orogénesis herciniana, los materiales que afloraban en la Cordillera Costero-Catalana fueron sometidos a una alteración climática que condujo al desarrollo de una capa de meteorización. En aquella época, lo que hoy se conoce como Península Ibérica, se encontraba situada en zona tropical y al este de un supercontinente denominado Pangea, a orillas del Mar de Tethys y bajo unas condiciones climáticas cálidas y áridas, con temperaturas medias muy extremas con grandes fluctuaciones estacionales (húmedas y secas).

El conjunto de procesos climáticos que actuaron durante el Pérmico intervinieron en la degradación general del relieve herciniano y en la configuración de una penillanura pretriásica. Los perfiles de meteorización se desarrollaron sobre las diferentes litologías del Paleozoico y fueron cubiertos discordantemente por un nivel de brechas rojizas y/o por las facies de conglomerados, areniscas y lutitas del Triásico (Buntsandstein). (Fig.xx)

El zócalo paleozoico que actualmente delimita la depresión del Vallès-Penedès, como ya se ha indicado anteriormente, está constituido por metasedimentos paleozoicos (pizarras, esquistos, metagrauvas, areniscas) y granitoides tardihercínicos (principalmente granitos y granodioritas).

Durante el Pérmico superior y el Triásico inferior tuvo lugar una reactivación de las antiguas fracturas hercinianas que actuaron dentro del nuevo contexto tectónico extensivo como fallas normales originando cuencas distensivas. El relleno de estas cuencas se inició con las facies Buntsandstein que se asientan por encima del zócalo herciniano rubefactado y/o por encima de niveles de brechas rojizas de escasa continuidad.

El manto de meteorización, sobre el cual se depositaron los sedimentos detríticos permotriásicos, se reconoce fácilmente, porque da lugar a una coloración roja de los materiales, conocida clásicamente como rubefacción.

La problemática de los perfiles de meteorización fue abordada inicialmente por (Virgili *et al*; 1974) donde argumentaron que en la Cordillera Ibérica el zócalo herciniano está rubefactado solo cuando la cobertura son las facies Buntsandstein, atribuyendo una edad permiana al proceso de rubefacción. Posteriormente, Marzo (1980) describe la alteración rubefactante en diferentes litologías del zócalo herciniano de la Cordillera Costero-Catalana, señalando, como ya había indicado (Virgili *et al*; 1974), que presentan las mismas características que los zócalos ferruginosos tropicales. Más recientemente Gómez-Gras (1993), Ferrer (1997) y (Gómez-Gras & Ferrer, 1999) precisan que la alteración rubefactante es de tipo laterítico i asignan su desarrollo al Autuniense inferior. (Fig.xx).

Estos perfiles lateríticos se forman bajo un clima tropical húmedo con una marcada estacionalidad de periodos secos y húmedos.

Es en ellos donde se produjeron las condiciones físico-químicas necesarias para la generación de minerales autógenos como los APS que se han estudiado en esta tesis.

Estas paleoalteraciones se pueden correlacionar tanto a nivel local como regional con otras acontecidas durante el mismo período climático en diferentes zonas (Macizo de Garraf, Sierra de Prades, Promontorio Balear, Cordillera Ibérica, Macizo Central Francés).

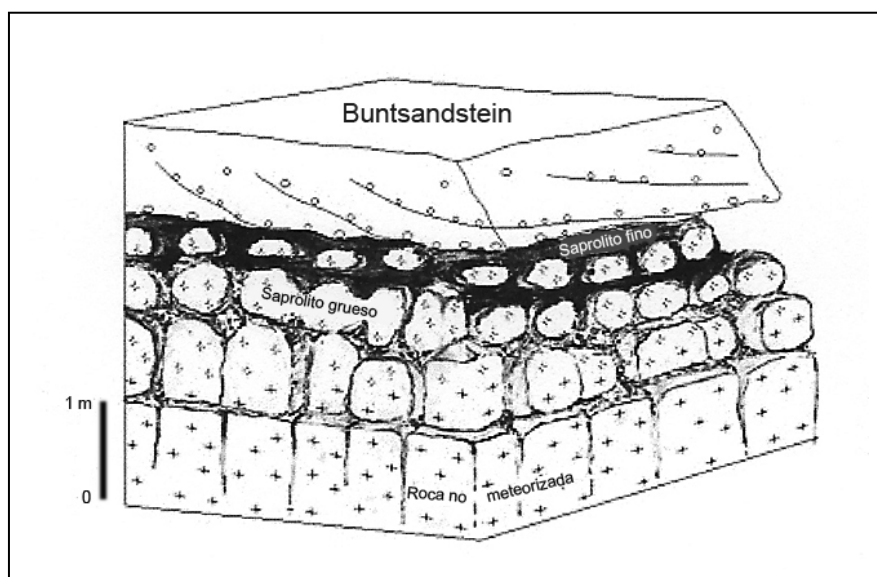


Fig. xx: Bloque 3D que ilustra la meteorización de los granitoides en el contacto Paleozoico-Mesozoico. Esta es más intensa en los planos de diaclasado
 Extraído de Ferrer (1997).

| Era | Período | Época | Sedimentación | Act. ígnea | Metamorfismo | Tectónica | Erosión |
|------------|-------------|----------|---------------|------------|--------------|-----------|---------|
| MESOZOICO | Jurásico | Malm | | | | | |
| | | Dogger | | | | | |
| | | Lias | | | | | |
| | Triásico | Superior | | | | | |
| | | Medio | | | | | |
| | | Inferior | | | | | |
| PALEOZOICO | Pérmico | Superior | | | | | |
| | | Inferior | | | | | |
| | Carbonífero | Superior | | | | | |
| | | Inferior | | | | | |

Autuniense inferior

←

Fig. xx: Eventos geológicos acontecidos durante el tránsito Paleozoico-Mesozoico en la Cordillera Costero-Catalana..

Conclusiones

Los minerales APS identificados, analizados y cuantificados en los distintos afloramientos de los sedimentos miocénicos de la fosa neógena del Vallès-Penedès que se han estudiado, tienen sus áreas fuente en los niveles inferiores de la facies Buntsandstein, a partir del contacto discordante con el sustrato Paleozoico. El contenido de estas partículas en estos sedimentos constituye una guía paleogeográfica.

Son minerales autógenos con formación en condiciones fisico-químicas correspondientes a depósitos lateríticos (pathfinder), lo que confirma la existencia de un clima tropical o subtropical durante el período comprendido entre finales del Carbonífero y principio del Triásico.

Hemos comprobado que la mayor abundancia de minerales APS la contienen los sedimentos miocénicos de la fosa en el sector Penedès, siendo actualmente menores en esta zona los relieves que afloran del Buntsandstein, por lo que se podría deducir:

1- Una mayor grado de devastación en aquel sector durante la sedimentación del Mioceno y por tanto un mayor aporte de materiales.

2- La posibilidad de que las condiciones para la formación de los APS (procesos de lateritización y enriquecimiento supergénico) hayan sido mejores, dando lugar a niveles de mayor contenido y potencia.

A nivel estratigráfico la mayor abundancia en el Mioceno medio y superior, suponemos coincide con la época de mayor devastación de los materiales del Triásico, aunque hemos de tener en cuenta que no disponemos de muestras suficientes del Mioceno inferior (Burdigaliense) para poderlo afirmar.

Para poder confirmar lo expuesto anteriormente, sería necesario realizar un conjunto de series estratigráficas en la facies Buntsandstein iniciadas en el contacto con el sustrato paleozoico, para identificar, analizar y cuantificar los minerales pesados que acompañan a los APS en estos niveles, así como, estudiar una mayor cantidad de afloramientos dentro de la fosa para poder establecer las posibles correlaciones existentes.

Sería de gran interés paleogeográfico trasladar estos estudios a otras zonas con presencia de relieves del Buntsandstein.

La mayor parte de cauces fluviales que actualmente drenan la Cordillera Prelitoral y la Cordillera Litoral (sector S.S.W), en función de su proximidad a los niveles triásicos de la facies Buntsandstein transportan mayor o menor cantidad de minerales APS.

Los minerales APS que proceden del drenaje de la Cordillera Prelitoral, son transportados por los cauces fluviales que nacen en estos relieves y discurren por la fosa arrastrando sedimentos miocénicos que también los contienen. Los situados al E del Río Tordera siguen con este hasta su desembocadura en el Mediterráneo en la localidad de Blanes. Los situados al W tributan al Río Mogent que se convierte en Besòs y desemboca próximo a Barcelona. El Río Llobregat que atraviesa la cordillera recibe los tributarios que proceden de los relieves del sector S.S.W de la Cordillera Litoral, recibiendo a la altura de Martorell los materiales procedentes del Río Anoia, desembocando en el Mediterráneo al SSW de Barcelona.

Hemos comprobado que los cauces fluviales del Maresme que drenan la Cordillera Litoral hacia el Mediterráneo no transportan minerales APS (Riera de Sant Pol, Riera de Arenys y Riera de Argentona). Por lo tanto estos proceden de los cauces fluviales antes citados y se confirma que los relieves graníticos de esta parte de la cordillera no los contienen (*Fig. 1*).

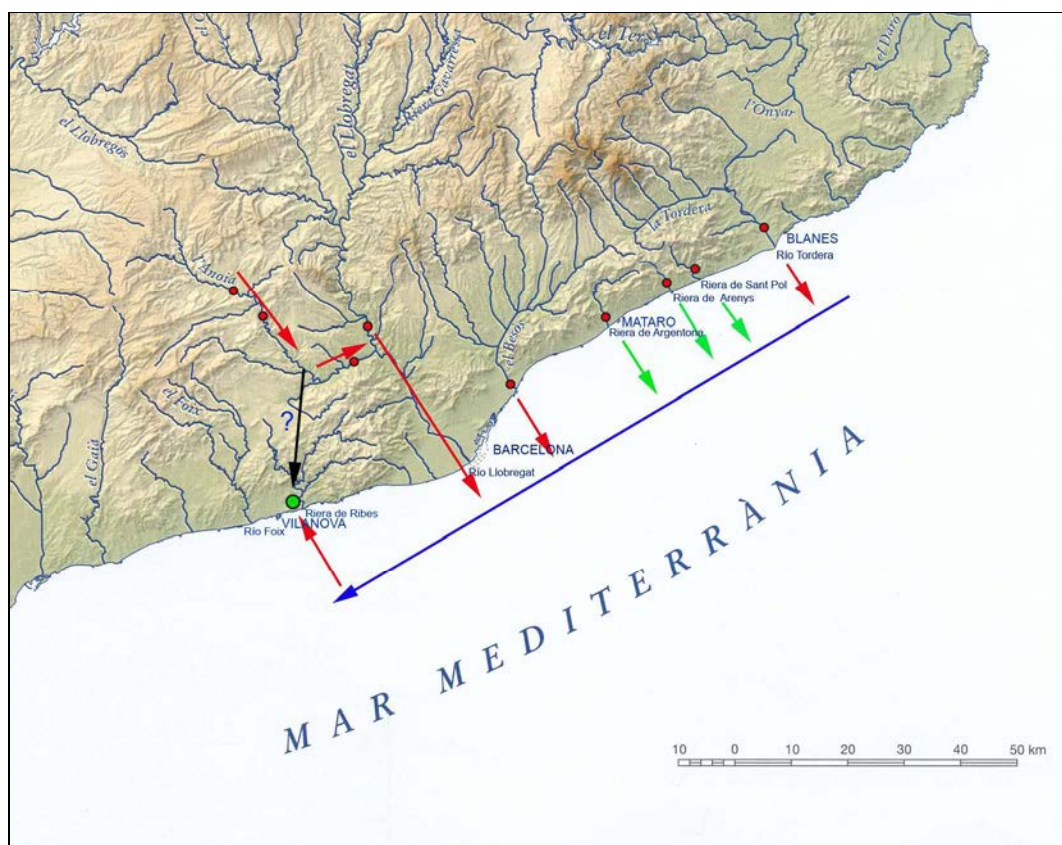


Fig.1 - Principales cauces fluviales que aportan minerales pesados. En rojo los que contienen minerales APS. En verde los que no los contienen, En azul dirección de las corrientes marinas (la misma que existía durante el Mioceno). En negro dirección de un hipotético Paleoañoia.

Los sedimentos del Mioceno de la fosa de Vilanova son mayoritariamente marinos y contienen minerales APS que fueron aportados por las corrientes marinas del Mediterraneo que mantienen la misma dirección S.S.W que en aquel período. La hipótesis sobre la posible existencia de una red de drenaje diferente, que correspondería a un Paleoañoia (Calzada, 1975), aún siendo poco probable, se sugiere al final de tesis como un tema a profundizar en estudios posteriores.

Por todo lo expuesto, se deduce que sería de gran interés analizar la composición de las arenas de las playas y de la plataforma continental desde Blanes (Río Tordera) hasta Vilanova para ver la variabilidad de los distintos minerales pesados y especialmente los APS.

4.1.16.-Titanita (Esfena)

Clasificación: Nesosilicatos

Fórmula química simplificada: CaTiSiO₄(O,OH,F)

Propiedades físicas y otras características generales de la especie:

| | |
|-------------------------------------|---|
| Densidad | 3,48-3,60 |
| Dureza | 5 - 5,5 |
| Cristalografía | Monoclínico. |
| Formas | Cristales aplanados en forma de cuña, incluso tabulares, prismáticos o lamelares. Son frecuentes las maclas de contacto o compenetración. |
| Fractura | Concoidea a irregular |
| Color | Variable, desde blanquecino a amarillo verdoso o amarillo anaranjado y de marrón oscuro a negro. |
| Diafanidad | Transparente a opaco |
| Brillo | Adamantino, resinoso en las fracturas. |
| Inclusiones | Suelen ser numerosas. Opacos, apatito, circón y otros. |
| Grado de estabilidad | Estable |
| Resistencia a la alteración química | Alta |
| Capacidad de migración | Media |
| Susceptibilidad magnética | Ligeramente atraíble en el separador Frantz (>0,80A) |
| Minerales asociados | Piroxenos, anfíboles, cloritas, epidota, apatito, etc. |
| Origen | Enrocas plutónicas o filonianas tanto ácidas como intermedias. En rocas metamórficas como gneises, anfibolitas y esquistos ricos en minerales ferromagnesianos, en <i>skarns</i> y calizas metamorfozadas. De origen secundario formada a partir de la ilmenita y de la magnetita titanífera. Autigénica. |

Composición química

La composición química de la titanita puede ser muy variada: El calcio (Ca) puede estar sustituido parcialmente por elementos como el magnesio (Mg), el hierro (Fe⁺²) y tierras raras (TR). El titanio (Ti) puede estar sustituido por aluminio (Al), hierro (Fe⁺³). El silicio puede estar sustituido por átomos de aluminio (Al) y el flúor puede entrar en la estructura sustituyendo a pequeñas cantidades de oxígeno. Pueden existir pequeñas trazas de niobio, tántalo, vanadio, uranio y torio.

| Elementos | A% | | Ox% | óxidos |
|-----------|--------|----|--------|---------------------------------|
| Calcio | 19,25 | Li | 26,94 | CaO |
| TR | 3,64 | Mg | 4,25 | TRR ₂ O ₃ |
| Aluminio | 2,73 | Al | 5,16 | Al ₂ O ₃ |
| Hierro | 1,41 | Fe | 2,02 | Fe ₂ O ₃ |
| Silicio | 14,20 | Si | 30,38 | SiO ₂ |
| Titanio | 18,16 | H | 30,29 | TiO ₂ |
| Oxígeno | 39,65 | O | | |
| Fluor | 0,96 | F | 0,96 | F |
| Totales | 100,00 | | 100,00 | |

Composición química teórica:

Peso molecular de la fórmula empírica dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos.

Propiedades físicas y otras características específicas de las partículas separadas de los sedimentos de la zona de estudio.

| | |
|---------------------------|---|
| Formas | Partículas subhédricas parcialmente redondeadas. También tabulares muy finas de hábito prismático. (Fig. 1) |
| Color | Amarillo anaranjado intenso |
| Brillo | Adamantino |
| Diafanidad | Translúcidas |
| Inclusiones | No se aprecian |
| Susceptibilidad magnética | Diamagnéticas |
| Posibles áreas fuente | Granitos, rocas filonianas, rocas metamórficas (gneises y esquistos) |

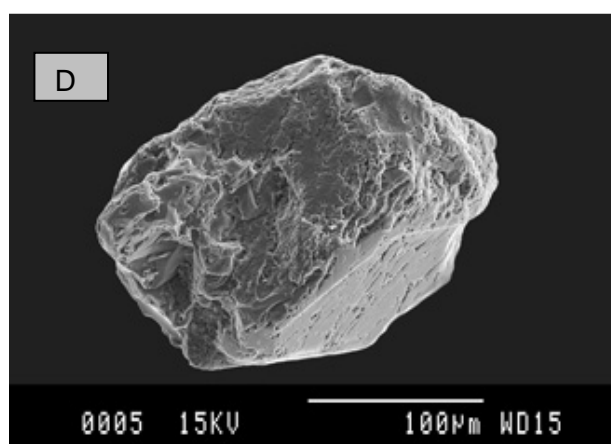
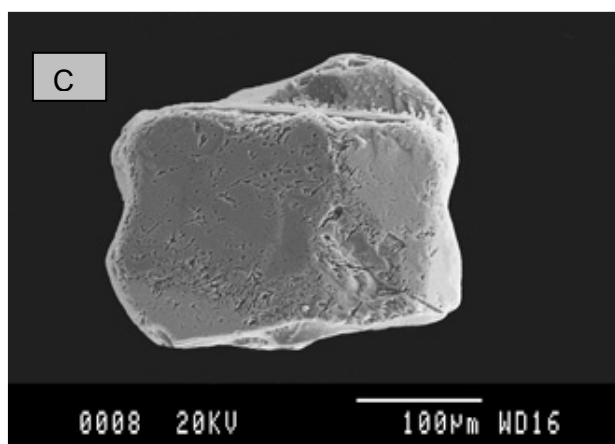
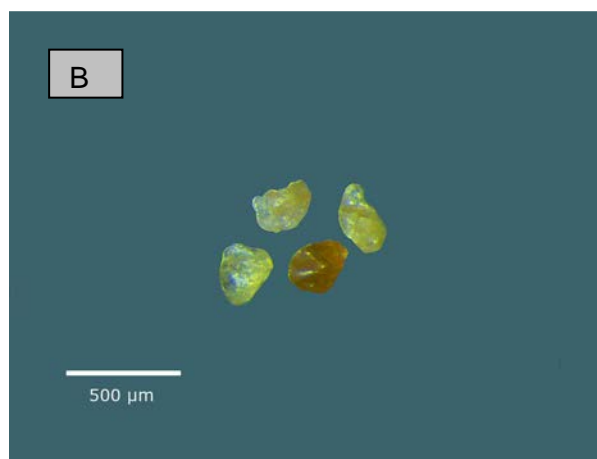
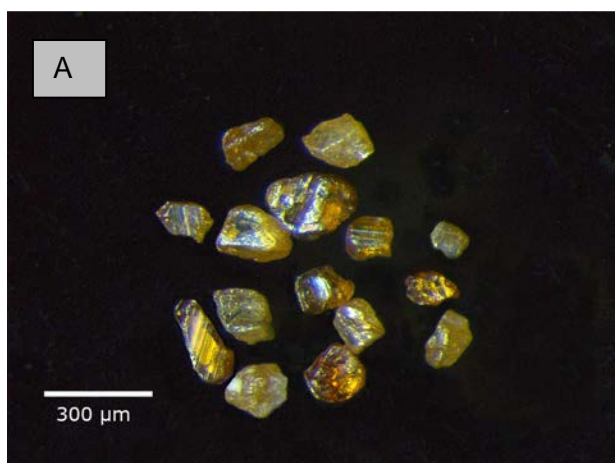
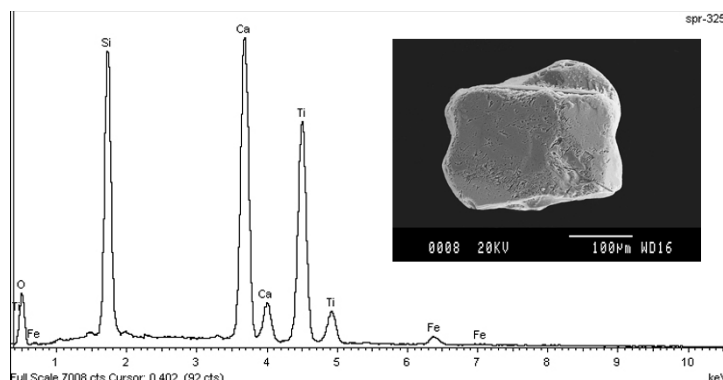


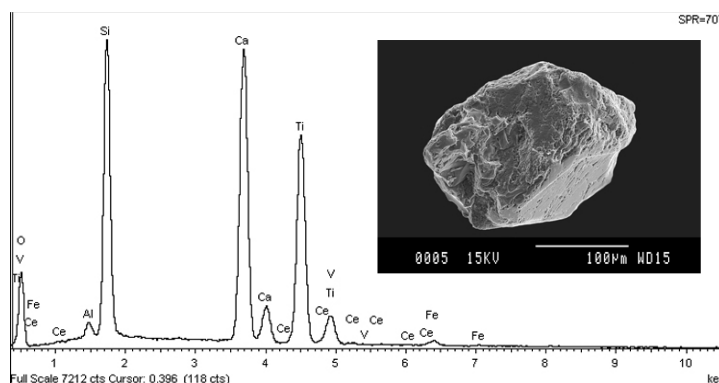
Figura 1: Partículas de titanita - (A) Muestra SPR-325 (B) Muestra SPR-707 (C-D) Imágenes SEM de partículas subhédricas parcialmente redondeadas.

Formas, análisis semicuantitativos y espectros EDS más característicos de las partículas obtenidas en la zona de estudio

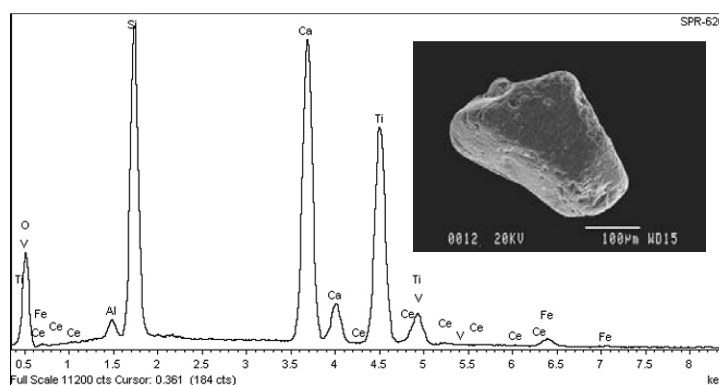
| Partícula SPR-325 (1,50A) | | | |
|---------------------------|--------|--------------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 33,48 | 0,56 | 55,11 |
| Si K | 15,44 | 0,16 | 14,48 |
| Ca K | 22,77 | 0,22 | 14,97 |
| Ti K | 26,67 | 0,26 | 14,66 |
| Fe K | 1,64 | 0,09 | 0,77 |
| Totals | 100,00 | | |



| Partícula SPR- 707 (1,50A) | | | |
|----------------------------|--------|--------------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% Sigma | Ac% |
| O K | 38,11 | 0,55 | 59,85 |
| Al K | 0,77 | 0,05 | 0,71 |
| Si K | 15,18 | 0,17 | 13,58 |
| Ca K | 20,51 | 0,21 | 12,85 |
| Ti K | 23,49 | 0,25 | 12,32 |
| V K | 0,32 | 0,09 | 0,16 |
| Fe K | 0,87 | 0,07 | 0,39 |
| Ce L | 0,75 | 0,18 | 0,13 |
| Totals | 100,00 | | |



| Partícula SPR-620 (1,00A) | | | |
|---------------------------|--------|--------------|-------|
| Elemento | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 40,80 | 0,40 | 62,63 |
| Al K | 0,87 | 0,04 | 0,79 |
| Si K | 14,28 | 0,12 | 12,49 |
| Ca K | 19,54 | 0,15 | 11,97 |
| Ti K | 21,91 | 0,18 | 11,23 |
| V K | 0,33 | 0,07 | 0,16 |
| Fe K | 1,26 | 0,06 | 0,55 |
| Ce L | 1,01 | 0,14 | 0,18 |
| Totals | 100,00 | | |



Entre paréntesis junto al código de partícula se informa del rango de susceptibilidad magnética en el que ha sido atraída.

4.1.17.- Turmalinas: variedades Chorlo y Dravita.

Grupo mineralógico: Ciclosilicatos

Las turmalinas responden a la fórmula química general: $W X_3 Y_6 (BO_3)_3 Si_6 O_{18} (O, OH, F)_4$

Con: W= Ca, K, Na

X= Al, Fe²⁺, Fe³⁺, Li, Mg, Mn²⁺, Ti, Zn

Y= Al, Cr³⁺, Fe³⁺, V³⁺

Fórmula de la variedad chorlo: $Na(Fe_3^{2+})Al_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH)_3 (F, OH)$

Fórmula de la variedad dravita: $Na (Mg_3) Al_6(Si_6O_{18})(BO_3)_3(OH)_4$

El chorlo y la dravita son las dos variedades identificadas en la zona de estudio.

Propiedades físicas y otras características generales de ambas especies:

| Propiedades y características | Turmalina: Chorlo | Turmalina: Dravita |
|-------------------------------------|---|--|
| Densidad | 3,18 - 3,22 | 3,03 - 3,18 |
| Dureza | 7 - 7,5 | |
| Cristalografía | Trigonal | |
| Formas | Cristales hemimórficos de hábito prismático alargado, con caras estrechas estriadas en la vertical que conforman un prisma hexagonal. También en prismas cortos achaparrados. Muchos presentan sección redondeada triangular y están terminados en pirámides aplanadas. | Generalmente en cristales prismáticos ecuanes con predominio de caras piramidales. Muchos presentan sección triangular con caras curvadas. También columnares en haces o agregados radiales. |
| Fractura | Desigual a concoidea. | |
| Color | Negro | Marrón pálido a oscuro, negruzco, más raro amarillo-oscuro. |
| Diafanidad | Opaco | Transparente a opaco |
| Brillo | Vítreo | Vítreo - resinoso |
| Inclusiones | Frecuentemente numerosas: en granos o en agujas (circón, rutilo, topacio, cuarzo) | |
| Grado de estabilidad | Estable | |
| Resistencia a la alteración química | Muy alta | |
| Capacidad de migración | Alta | |
| Susceptibilidad magnética | Medianamente atraíbles en el separador Frantz (0,30 a 0,80A) | |
| Minerales asociados | Cuarzo, feldespato, epidota, granate, moscovita, fluorita... | Cuarzo, calcita, dolomita, feldespatos, epidota, fluorita... |
| Origen | Es la variedad de turmalina más común y abundante, estando ligada a pegmatitas graníticas y venas hidrotermales de alta temperatura. También como mineral secundario en rocas ígneas y metamórficas. | En rocas calizas cristalinas o dolomías metamorfoseadas, ricas en magnesio, o bien en rocas ígneas máficas. Raras veces en pegmatitas o autigénico. |

Composición química general

Las turmalinas son un grupo de minerales de composiciones diferentes en función de las sustituciones catiónicas en la fórmula general. Los miembros más comunes son: Chorlo, Dravita y Elbaita.

Existe una serie continua entre Dravita y Chorlo y entre Chorlo y Elbaita.

Composición química teórica de las variedades chorlo y dravita: Peso molecular de la fórmula empírica, dividido por las sumas de los pesos atómicos de cada elemento para obtener el porcentaje de cada uno de ellos

CHORLO

| | A% | | | Ox% | | | |
|-----------|-------|---|----|--------|---|--------------------------------|--------------------------------------|
| Sodio | 1,74 | % | Na | 2,35 | % | Na ₂ O | |
| Aluminio | 16,84 | % | Al | 31,82 | % | Al ₂ O ₃ | |
| Hierro | 12,38 | % | Fe | 13,20 | % | FeO | 3,03 %Fe ₂ O ₃ |
| Silicio | 16,11 | % | Si | 34,47 | % | Si O ₂ | |
| Boro | 3,15 | % | B | 10,15 | % | B ₂ O ₃ | |
| Potasio | 0,04 | % | K | 0,05 | % | K ₂ O | |
| Magnesio | 0,05 | % | Mg | 0,08 | % | MgO | |
| Titanio | 0,09 | % | Ti | 0,16 | % | TiO ₂ | |
| Zinc | 0,13 | % | Zn | 0,16 | % | ZnO | |
| Manganeso | 0,69 | % | Mn | 0,90 | % | MnO | |
| Hidrógeno | 0,32 | % | H | 2,84 | % | H ₂ O | |
| Óxigeno | 47,04 | % | O | - | - | - | |
| Fluor | 1,40 | % | F | 1,40 | % | F | |
| - | - | % | F | -0,59 | % | F | -O=F ₂ |
| Totales | 99,98 | % | | 100,02 | % | | |

DRAVITA

| | A% | | | Ox% | | | |
|-----------|--------|---|----|--------|---|--------------------------------|--|
| Sodio | 2,40 | % | Na | 3,23 | % | Na ₂ O | |
| Aluminio | 16,89 | % | Al | 31,90 | % | Al ₂ O ₃ | |
| Silicio | 17,58 | % | Si | 37,60 | % | Si O ₂ | |
| Boro | 3,38 | % | B | 10,89 | % | B ₂ O ₃ | |
| Magnesio | 7,61 | % | Mg | 12,61 | % | MgO | |
| Hidrógeno | 0,42 | % | H | 3,76 | % | H ₂ O | |
| Óxigeno | 51,73 | % | O | - | - | - | |
| Totales | 100,00 | % | | 100,00 | % | | |

Análisis de chorlo y dravita correspondientes a dos localidades tipo

| | 1 | | | 2 | | |
|-----------|-------|---|--------------------------------|-------|---|--------------------------------|
| | Ox% | | | Ox% | | |
| Sodio | 2,72 | % | Na ₂ O | 2,34 | % | Na ₂ O |
| Aluminio | 30,83 | % | Al ₂ O ₃ | 33,41 | % | Al ₂ O ₃ |
| Hierro | 17,59 | % | FeO | 0,30 | % | FeO |
| Silicio | 36,04 | % | Si O ₂ | 36,52 | % | Si O ₂ |
| Boro | 10,43 | % | B ₂ O ₃ | 10,32 | % | B ₂ O ₃ |
| Potasio | 0,05 | % | K ₂ O | 0,57 | % | K ₂ O |
| Magnesio | 0,42 | % | MgO | 11,25 | % | MgO |
| Titanio | 0,54 | % | TiO ₂ | 0,17 | % | TiO ₂ |
| Manganeso | 0,11 | % | MnO | 0,57 | % | MnO |
| Calcio | 1,01 | % | CaO | 0,42 | % | CaO |
| Óxigeno | - | - | - | - | - | - |
| Fluor | - | - | - | 0,12 | % | F |
| Hidrógeno | - | - | - | 3,76 | % | H ₂ O |
| Totales | 99,74 | % | - | 99,75 | % | |

(1) Chorlo - St. Andreasberg, Alemania (2) Dravita - Dobrava, Eslovenia
Fuente de la información: Mineral Data Publishing

Propiedades físicas y otras características específicas de las partículas obtenidas en los sedimentos de la zona de estudio.

| Propiedades y características | Turmalina: Chorlo | Turmalina: Dravita |
|-------------------------------|--|--|
| Formas | Cristales de hábito prismático, ligeramente sub-redondeados. Angulosos en afloramientos próximos al área fuente. <i>Fig.2 (A y B)</i> | Cristales de hábito prismático, ligeramente sub-redondeados. Suelen presentar caras estriadas. <i>Fig.2 (C y D)</i> |
| Color | Pardo verdoso muy oscuro a negro. | Pardo a pardo-verdoso Algunas partículas más claras fácilmente confundibles con estauroлита o con turmalinas más oscuras. |
| Diafanidad | Opacas. A veces ligeramente translúcidas. | Transparente a opaco |
| Brillo | Vítreo - resinoso | Vítreo - resinoso |
| Susceptibilidad magnética | Se han obtenido ambas en los rangos de separación electromagnética de 0,30 a 0,45A. | |
| Abundancias en la zona | mayoritaria | minoritaria |
| Áreas fuente | Mineral muy extendido en toda la zona, Ligado a rocas pegmatito - graníticas. También como mineral secundario de rocas ígneas y/o metamórficas. Asociado a feldespato, cuarzo y en menor medida a apatito. | La encontramos junto a rocas calizas cristalinas o dolomías metamorfoseadas por magnesio. Asociada a cuarzo, calcita, dolomía, epidota y albita. |

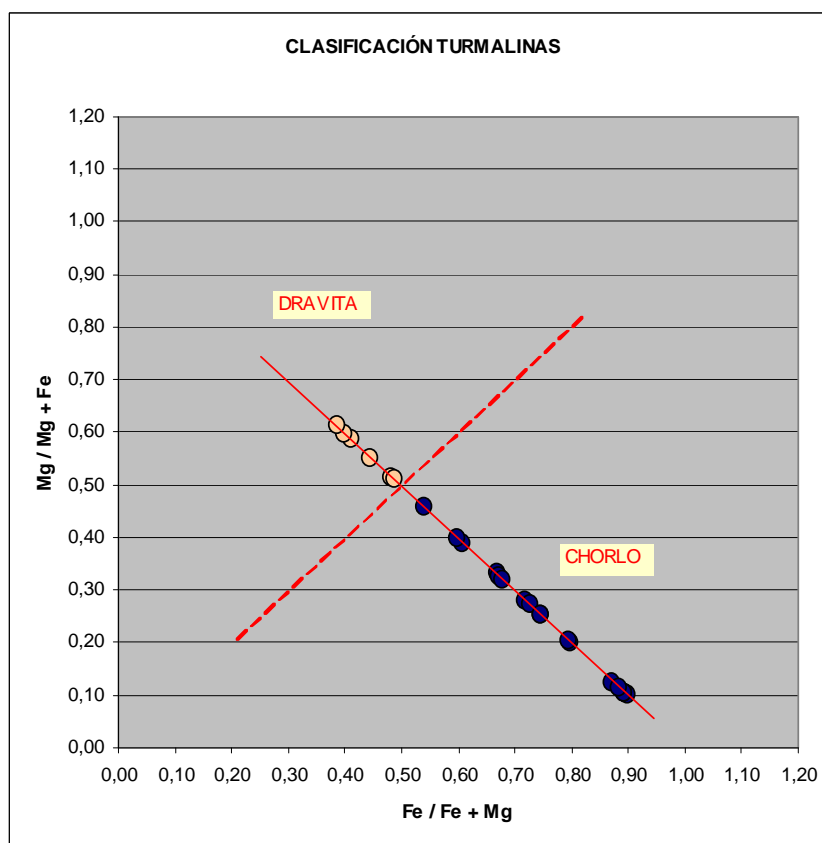
Clasificación de las partículas obtenidas en distintos afloramientos

De las 24 muestras seleccionadas 18 resultaron ser chorlos y 6 dravitas. (Tabla: 1) - (Fig: 1).

| Muestra | Fe+otros | Mg | Fe/Fe+Mg | Mg/Mg+Fe | Rango | Mineral |
|------------|----------|------|----------|----------|-------|---------|
| SPR-003 | 4,68 | 0,53 | 0,90 | 0,10 | 0,30A | Chorlo |
| SPR-011 | 1,99 | 2,84 | 0,41 | 0,59 | 0,45A | Dravita |
| SPR-012 | 3,91 | 0,47 | 0,89 | 0,11 | 0,30A | Chorlo |
| SPR-212 | 3,75 | 2,41 | 0,61 | 0,39 | 0,45A | Chorlo |
| SPR-229 | 5,28 | 0,77 | 0,87 | 0,13 | 0,45A | Chorlo |
| SPR-312 | 2,17 | 1,08 | 0,67 | 0,33 | 0,30A | Chorlo |
| SPR-403 | 5,94 | 0,71 | 0,89 | 0,11 | 0,45A | Chorlo |
| SPR-411 | 4,87 | 0,58 | 0,89 | 0,11 | 0,30A | Chorlo |
| SPR-526 | 5,79 | 2,28 | 0,72 | 0,28 | 0,30A | Chorlo |
| SPR-527 | 6,96 | 2,39 | 0,74 | 0,26 | 0,30A | Chorlo |
| SPR-711 | 4,34 | 1,63 | 0,73 | 0,27 | 0,45A | Chorlo |
| SPR-712 | 2,27 | 1,10 | 0,67 | 0,33 | 0,45A | Chorlo |
| SPR-410 | 2,91 | 0,38 | 0,88 | 0,12 | 0,30A | Chorlo |
| JE-001-AN | 9,00 | 9,62 | 0,48 | 0,52 | 0,45A | Dravita |
| JE-004VOR | 4,48 | 2,12 | 0,68 | 0,32 | 0,45A | Chorlo |
| JE-004VOR | 1,44 | 2,16 | 0,40 | 0,60 | 0,45A | Dravita |
| JE-007AP | 5,30 | 3,55 | 0,60 | 0,40 | 0,30A | Chorlo |
| JE-048-VOR | 7,03 | 7,36 | 0,49 | 0,51 | 0,45A | Dravita |
| JE-055-VOR | 5,74 | 7,12 | 0,45 | 0,55 | 0,45A | Dravita |
| JE-010-VOR | 3,96 | 1,01 | 0,80 | 0,20 | 0,30A | Chorlo |
| JE-027-VOR | 6,14 | 1,58 | 0,80 | 0,20 | 0,30A | Chorlo |
| JE-005-AP | 4,39 | 1,49 | 0,75 | 0,25 | 0,30A | Chorlo |
| JE-008-AN | 3,65 | 5,80 | 0,39 | 0,61 | 0,45A | Dravita |
| JE-007-VOC | 6,09 | 5,20 | 0,54 | 0,46 | 0,30A | Chorlo |

Tabla 1:
Clasificación en función de los valores A% de Fe / (Fe+Mg) y Mg / (Mg+Fe)

Fig. 1
Representación gráfica de los valores obtenidos en la Tabla 1, donde se observan las áreas que corresponden a cada mineral



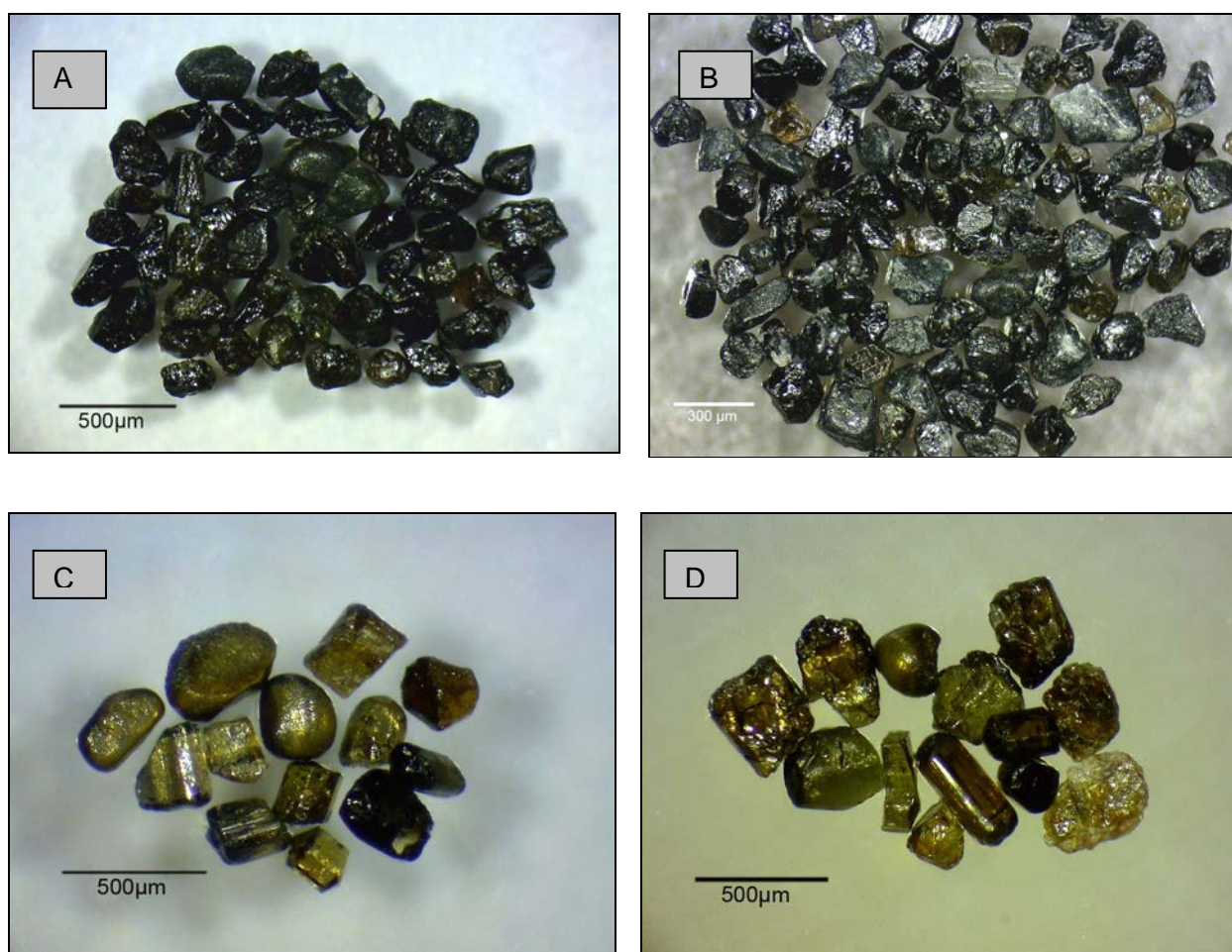


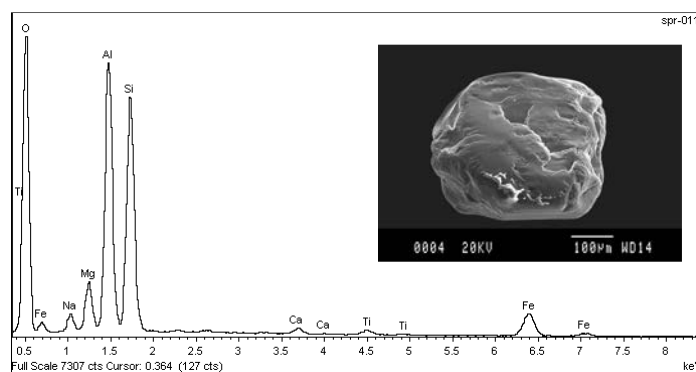
Figura 2: Partículas de turmalina (A)-(B) Chorlo; (C)-(D) Dravita

Análisis semicuantitativos, espectros EDS e imágenes SEM de algunas de las partículas seleccionadas como más representativas.

(Entre paréntesis al lado del código de la muestra se informa del rango de susceptibilidad magnética en el que ha sido atraída la partícula).

Partícula SPR-011 (0,45A)

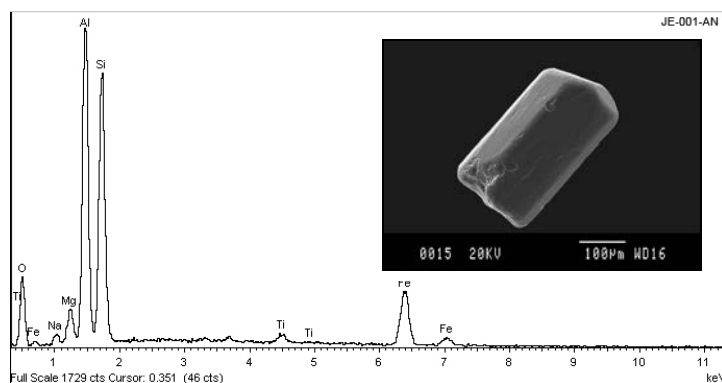
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 56,11 | 0,24 | 69,77 |
| Na K | 1,81 | 0,08 | 1,56 |
| Mg K | 3,47 | 0,08 | 2,84 |
| Al K | 16,13 | 0,13 | 11,90 |
| Si K | 16,53 | 0,14 | 11,71 |
| Ca K | 0,47 | 0,04 | 0,23 |
| Ti K | 0,52 | 0,04 | 0,22 |
| Fe K | 4,96 | 0,10 | 1,77 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula SPR-011 del afloramiento JE-000-GA (Dravita).

Afloramiento JE-001-AN (0,45A)

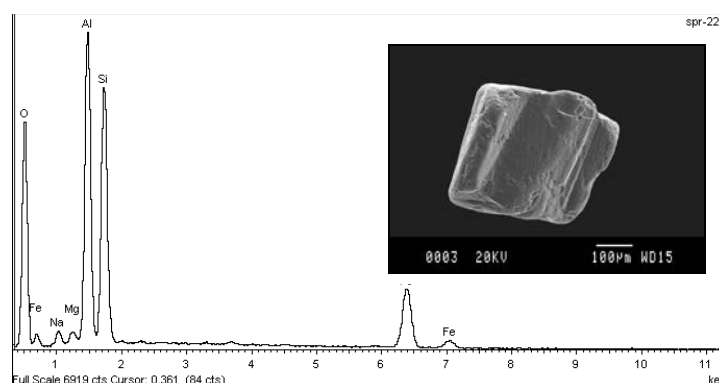
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 7,00 | 0,31 | 12,25 |
| Na K | 5,24 | 0,60 | 6,38 |
| Mg K | 8,35 | 0,49 | 9,62 |
| Al K | 29,96 | 0,45 | 31,11 |
| Si K | 31,73 | 0,49 | 31,64 |
| Ti K | 1,35 | 0,17 | 0,79 |
| Fe K | 16,38 | 0,41 | 8,21 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a una partícula del afloramiento JE-001-AN (Dravita).

Partícula SPR-229 (0,45A)

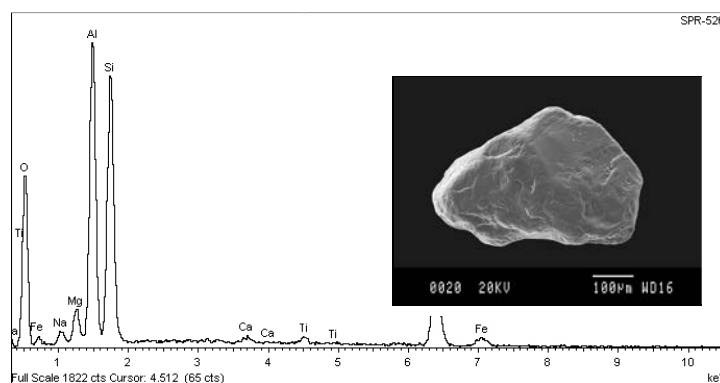
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 45,83 | 0,25 | 62,30 |
| Na K | 1,57 | 0,08 | 1,48 |
| Mg K | 0,87 | 0,06 | 0,77 |
| Al K | 18,84 | 0,14 | 15,19 |
| Si K | 19,34 | 0,15 | 14,98 |
| Fe K | 13,55 | 0,16 | 5,28 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula SPR-229 del afloramiento JE-000-GA (Chorlo).

Partícula SPR-526 (0,30A)

| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 40,98 | 0,61 | 57,41 |
| Na K | 1,52 | 0,16 | 1,48 |
| Mg K | 2,48 | 0,16 | 2,28 |
| Al K | 19,31 | 0,31 | 16,04 |
| Si K | 20,94 | 0,34 | 16,71 |
| Ca K | 0,49 | 0,09 | 0,28 |
| Ti K | 0,89 | 0,12 | 0,42 |
| Fe K | 13,39 | 0,33 | 5,37 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula SPR-526 del afloramiento JE-000-GA (Chorlo).

Conclusiones

La variedad chorlo está muy extendida en la zona de estudio como consecuencia de la presencia de abundantes paragénesis de origen.

La variedad dravita es mucho más escasa, quedando su presencia reducida a aquellas zonas donde ha existido un metamorfismo de contacto que ha afectado a rocas calcáreas o dolomías, como podemos comprobar en los sedimentos miocénicos del sector 3 (Vallès Oriental) y del sector 6 (Anoia).

4.2 - Descripción de los materiales de origen antropogénico

Las partículas de estos materiales se encuentran junto a los minerales pesados formando parte de las arenas del Holoceno más reciente. Son restos de tipo variado que se originan como resultado de las actividades humanas, y que generalmente como consecuencia de un vertido mal controlado van a parar a los cauces fluviales..

Los encontrados con mayor abundancia son:

- Restos metálicos
- Vidrios
- Microesférulas vítreas
- Carburo de silicio
- Restos cerámicos

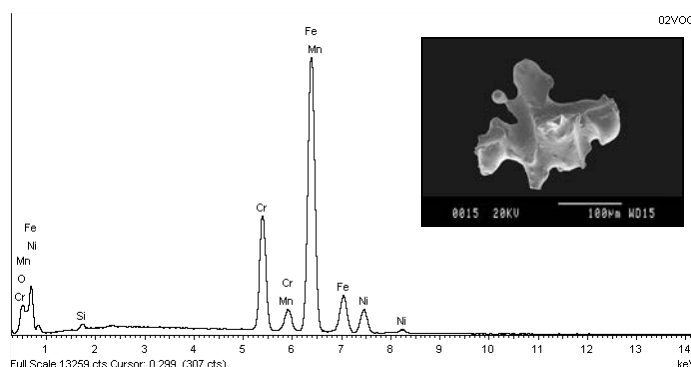
4.2.1.- Restos metálicos

Con frecuencia en las arenas del Holoceno más reciente se encuentran partículas de limaduras de aleaciones metálicas diversas, restos de alambres, fragmentos de clavos, perdigones, etc.

Según su composición algunas pueden ser ferromagnéticas y otras ser atraídas a partir de 0,10-0,15 amperios en el separador Frantz.

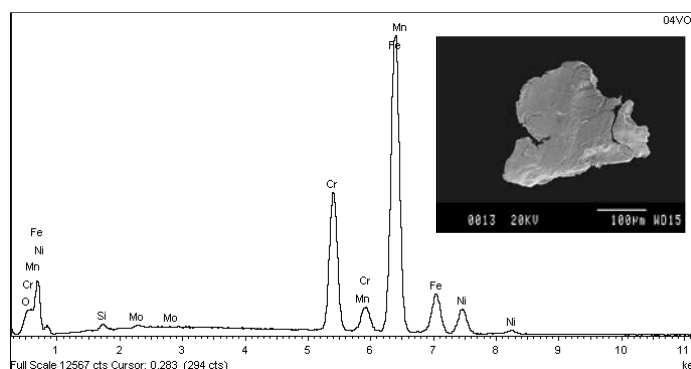
Análisis, espectros EDS e imágenes SEM de algunas partículas

| Partícula 02VOC- DIV (0,15A) | | | |
|------------------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 3,01 | 0,17 | 9,64 |
| Si K | 0,52 | 0,04 | 0,95 |
| Cr K | 17,53 | 0,12 | 17,29 |
| Mn K | 1,74 | 0,09 | 1,63 |
| Fe K | 68,17 | 0,20 | 62,61 |
| Ni M | 9,03 | 0,13 | 7,89 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula 02VOC-DIV del afloramiento JE-002-VOC. (color dorado-plateado).

| Partícula 04VOC- DIV (0,15A) | | | |
|------------------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 1,21 | 0,16 | 4,03 |
| Si K | 0,51 | 0,04 | 0,97 |
| Cr K | 19,56 | 0,12 | 20,14 |
| Mn K | 1,71 | 0,09 | 1,66 |
| Fe K | 67,77 | 0,21 | 64,96 |
| Ni M | 8,69 | 0,13 | 7,92 |
| Mo L | 0,55 | 0,11 | 0,31 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |

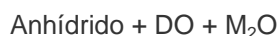


Espectro correspondiente a la partícula 04VOC-div del afloramiento JE-004-VOC. (color plateado).

Entre paréntesis y junto al código de partícula, se informa del rango de susceptibilidad magnética en el que han sido atraídas. En el margen superior derecho de los espectros EDS se muestra la imagen SEM de la partícula analizada.

4.2.2.- Vidrios

Composición de los vidrios: La composición química de los vidrios puede representarse por la fórmula general:



El anhídrido es el SiO_2 , que puede reemplazarse en mayor o menor grado por B_2O_3 , TiO_2 , P_2O_5 o As_2O_3 . Los metales monovalentes (M) son generalmente el Na y K, y los divalentes (D) Ca, Ba, Mg, Pb, Zn, Cu o Zr.

El vidrio no puede expresarse correctamente por medio de fórmulas, por variar sus componentes entre límites más o menos amplios (*Tabla: 1*).

Propiedades físicas y otras características generales

| Propiedades y características | Vidrio |
|-------------------------------------|---|
| Dureza | 6 - 7 |
| Densidad | Muy variable en función de su composición. A partir de 2,00 gr/cm ³ |
| Formas | Por fractura inicia con formas muy angulosas |
| Fractura | Concoide |
| Color | Diversos en función de la tinción empleada |
| Diafanidad | Transparente a opaco |
| Brillo | Vítreo |
| Grado de estabilidad | Estable |
| Resistencia a la alteración química | Alta |
| Capacidad de migración | Alta |
| Susceptibilidad magnética | Diamagnética |

Composición de los vidrios comerciales

Tabla 1: Se resumen los compuestos y elementos que poseen los vidrios comerciales más comunes.

| Elementos | Sódico-cálcico | Plomo | Borosilicato | Sílice pura |
|-----------|----------------|-------|--------------|-------------|
| | % | | | |
| Sílice | 70-75 | 53-68 | 73-82 | 96 |
| Sodio | 12-18 | 5-10 | 3-10 | |
| Potasio | 0-1 | 1-10 | 0,4-1 | |
| Calcio | 5-14 | 0-6 | 0-1 | |
| Plomo | | 15-40 | 0-10 | |
| Boro | | | 5-20 | 3-4 |
| Aluminio | 0,5-3 | 0-2 | | |
| Magnesio | 0,4 | | | |

Variabilidad de las densidades

Como consecuencia de los distintos tipos de vidrios que pueden ser fabricados, las densidades varían de acuerdo a la sustancia con la que sean complementados, normalmente un vidrio puede tener densidades relativas de 2 a 8 gr/cm³, lo cual significa que hay vidrios ligeros y otros mucho más pesados.

Las partículas de vidrio que encontramos en la fracción diamagnética de las arenas del Holoceno más reciente son de densidades superiores a 2,9 gr/cm³ y corresponden a vidrios con un porcentaje elevado de plomo.

El vidrio plúmbico

Contiene plomo en reemplazo del calcio en los vidrios potásicos. Su peso específico es elevado, siendo superior a 5,7 gr/cm³.

Su composición promedio aproximada para uso doméstico, vitrificados y esmaltes es:

| | | | |
|--------------------|-------|------|-------|
| SiO ₂ : | 45,5% | CaO: | 3,0% |
| Na ₂ O: | 3,5% | PbO: | 44,0% |
| K ₂ O: | 4,0% | | |

Variabilidad del color

El vidrio ordinario sódico-cálcico, parece incoloro a simple vista cuando es fino, a pesar de que las impurezas de óxidos de hierro producen un tinte verdoso que podemos observar en las piezas más gruesas. En los distintos tipos de vidrio, los colores (Figs. 1-2) se originan por las sustancias metálicas que se le agregan en el proceso de su fabricación (Tabla: 2). Para alcanzar los resultados deseados, se requiere que los colores sean elaborados básicamente con óxidos de metales, aunque también se incluir alguna sal e inclusive algún metal nativo.

Tabla 2: Relación de los colores más comunes y los aditivos utilizados para obtenerlos

| Color | Aditivos |
|--------------|---|
| Amarillo | Óxido de hierro II (FeO) - Azufre ciertos tonos - Sulfuro de níquel II (NiS) o de cadmio II (CdS) |
| Amatista | Óxido de manganeso II (MnO) - Permanganato potásico (KMnO ₈) |
| Verde | Óxido de cromo III (CrO) - Óxido de hierro III (Fe ₂ O ₃)- Bicromato potásico (K ₂ Cr ₂ O ₇) |
| Azul | Óxido de cobalto II - Carbonato de cobalto (CoCO ₃) |
| Azul verdoso | Óxido de cobre II (CuO) - Óxido de hierro II (FeO) |
| Aguamarina | Óxido de cobre II (CuO) - Sulfato de cobre (CuSO ₄ .5H ₂ O) - |
| Rojo | Ácido cloroáurico (HAuCl) - (Selenio+Sulfuro de cadmio) u oro (Au) |
| Café | Óxido de níquel II (NiO) |
| Negro | Óxido de manganeso IV(MnO ₂) - Óxido de níquel II (NiO) |
| Ámbar | Sulfuro de hierro III (Fe ₂ S ₃) y carbono (C) |
| Blanco | Fluoruro de calcio (CaF ₂) o Cloruro de sodio (NaCl) suspendido en el vidrio |



Figs. 1-2: Partículas de vidrio de distintas formas y colores

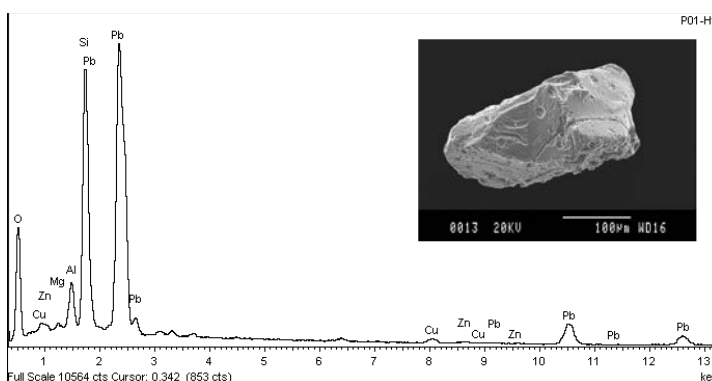
Análisis EDS de algunas partículas, indicando color y composición del vidrio de base

| Elementos | Partículas de vidrio | | | | | Vidrio incoloro |
|-------------------------|----------------------|----------|-------------|-------------|------------|-----------------|
| | P01-H1 | P01-G1 | VP-17 | VP-17a | 006AP-22 | |
| | Azul verdoso | amarillo | azul zonado | azul zonado | amarronada | |
| Composición en A% (EDS) | | | | | | |
| O K | 70,71 | 61,37 | 54,88 | 65,58 | 63,53 | x |
| Na K | 0,00 | 0,00 | 2,14 | 1,34 | 0,00 | x |
| Mg K | 0,49 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,38 | x |
| Al K | 3,06 | 4,85 | 6,54 | 5,12 | 4,62 | x |
| Si K | 16,58 | 18,53 | 26,90 | 21,44 | 19,50 | x |
| K K | 0,00 | 0,88 | 1,48 | 1,10 | 0,47 | x |
| Ca K | 0,00 | 3,50 | 0,46 | 0,34 | 0,41 | x |
| Cu K | 0,77 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Zn K | 0,39 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Fe K | 0,00 | 1,16 | 0,00 | 0,00 | 0,97 | |
| Pb M | 8,00 | 9,71 | 7,59 | 4,63 | 10,12 | x |
| Co K | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,45 | 0,00 | |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Análisis, espectros EDS e imágenes SEM de las partículas anteriores

Partícula P01-H1

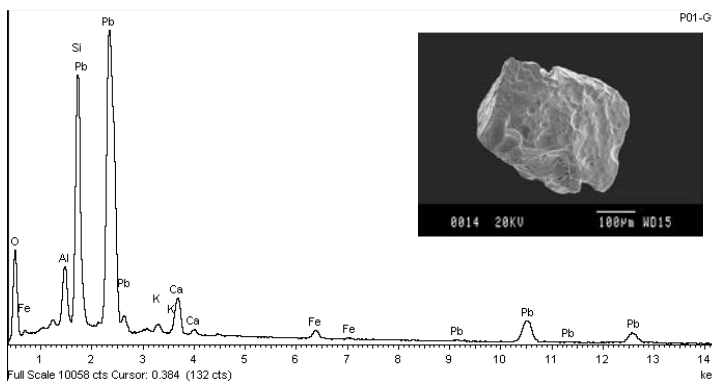
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 33,05 | 0,26 | 70,71 |
| Mg K | 0,35 | 0,05 | 0,49 |
| Al K | 2,41 | 0,06 | 3,06 |
| Si K | 13,60 | 0,11 | 16,58 |
| Cu K | 1,44 | 0,11 | 0,77 |
| Zn K | 0,74 | 0,12 | 0,39 |
| Pb M | 48,42 | 0,26 | 8,00 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula P01-H1 del afloramiento JE-009-VOR.

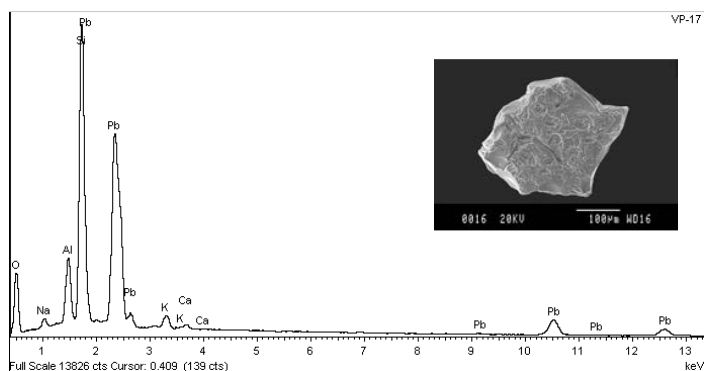
Partícula P01-G1

| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 25,27 | 0,30 | 61,37 |
| Al K | 3,36 | 0,06 | 4,85 |
| Si K | 13,40 | 0,11 | 18,53 |
| K K | 0,89 | 0,06 | 0,88 |
| Ca K | 3,61 | 0,07 | 3,50 |
| Fe K | 1,67 | 0,08 | 1,16 |
| Pb M | 51,80 | 0,28 | 9,71 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



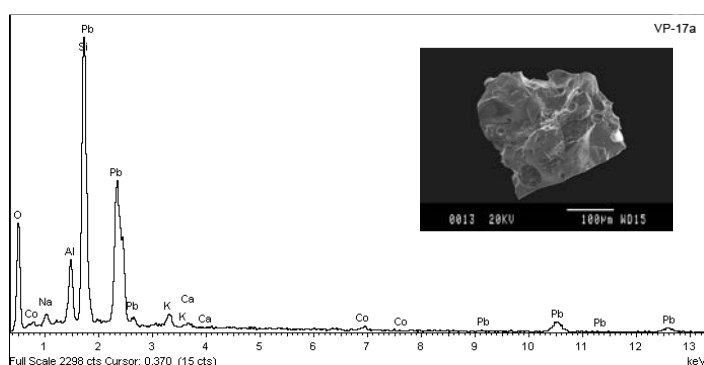
Espectro correspondiente a la partícula P01-G1 del afloramiento JE-009-VOR

| Partícula VP-17 | | | |
|-----------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 25,02 | 0,30 | 54,88 |
| Na K | 1,40 | 0,08 | 2,14 |
| Al K | 5,03 | 0,07 | 6,54 |
| Si K | 21,53 | 0,14 | 26,90 |
| K K | 1,65 | 0,06 | 1,48 |
| Ca K | 0,53 | 0,05 | 0,46 |
| Pb M | 44,84 | 0,27 | 7,59 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



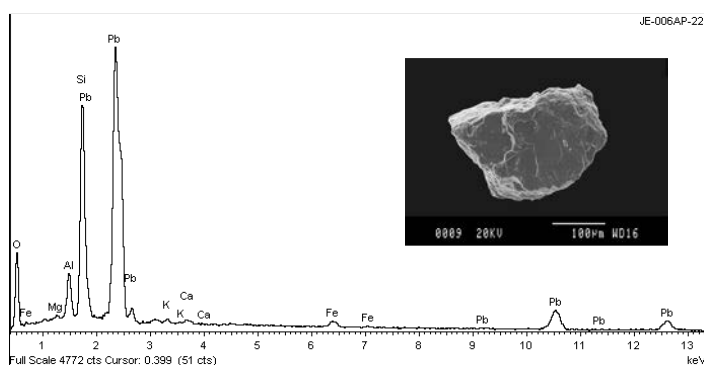
Espectro correspondiente a la partícula VP-17 del afloramiento JE-001-AN

| Partícula VP-17a | | | |
|------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 36,65 | 0,72 | 65,58 |
| Na K | 1,08 | 0,16 | 1,34 |
| Al K | 4,83 | 0,18 | 5,12 |
| Si K | 21,04 | 0,36 | 21,44 |
| K K | 1,51 | 0,14 | 1,10 |
| Ca K | 0,48 | 0,10 | 0,34 |
| Co K | 0,92 | 0,18 | 0,45 |
| Pb M | 33,51 | 0,65 | 4,63 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula VP-17a del afloramiento JE-001-AN

| Partícula 006-AP-22 | | | |
|---------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 26,17 | 0,48 | 63,53 |
| Mg K | 0,24 | 0,08 | 0,38 |
| Al K | 3,21 | 0,11 | 4,62 |
| Si K | 14,10 | 0,19 | 19,50 |
| K K | 0,47 | 0,09 | 0,47 |
| Ca K | 0,42 | 0,08 | 0,41 |
| Fe K | 1,40 | 0,12 | 0,97 |
| Pb M | 53,99 | 0,46 | 10,12 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula 006-AP-22 del afloramiento JE-002-AP

Conclusiones

Las partículas de vidrio (con densidades superiores a $2,9 \text{ gr/cm}^3$) son frecuentes en las arenas del Holoceno más reciente aunque en poca abundancia. Se separan en la fracción diamagnética y corresponden a vidrios de plomo de diversos colores, composición y procedencia.

4.2.3. - Microesférulas vítreas

Son frecuentes tanto en las arenas del Holoceno más reciente como en las muestras obtenidas de los sedimentos miocénicos. Formas esféricas perfectas inferiores a 1 milímetro, a veces fusiformes en forma de gotas, también unidas en grupos de dos o más esférulas. Mayoritariamente macizas, transparentes e incoloras, aunque algunas toman coloraciones pardo-negruczas (Fig.1). Su composición corresponde básicamente a la de un vidrio de sílice sódico-cálcico (Tabla 1).

Los afloramientos del Mioceno donde se han obtenido un mayor número de partículas están cercanos a localidades donde existen o han existido explotaciones de arcillas con industrias de elaborados cerámicos. La presencia de talio en algunas de ellas puede ser debida a los humos de plomo o zinc fundidos en los procesos cerámicos (que suelen contenerlo), por estos motivos, hemos de suponer un origen debido a emisiones de partículas por vía aérea. Las microesférulas macizas de vidrio también se encuentran contaminando algunas muestras de sedimentos del Mioceno que han sido tomadas junto a las carreteras, dado que se emplean como aditivo en las pinturas de señalización para incrementar el efecto retrorreflectante,

El origen también ha sido atribuido a la fusión de partículas y cuerpos interplanetarios en la atmosfera terrestre (Taylor&Brownlee, 1991) que da lugar, entre otras, a esférulas de vidrio anhidro, algunas con inclusiones de FeO.

Aún teniendo en cuenta la posibilidad de coexistencia de ambos tipos de esférulas, en los sedimentos de nuestra zona consideramos que en general son partículas de origen antropogénico.



Fig. 1: Esférulas incoloras, negras y pardas de diferentes tamaños.

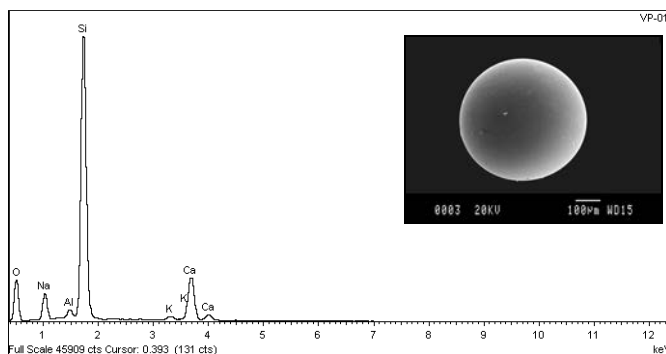
Tabla 1: Composición en A% obtenida por EDS de partículas situadas sobre un "stub" y carbonizadas

| Elementos | Esférula | | | | | Vidrio (Na-Ca) |
|-------------------------|----------|----------|--------|----------|----------|----------------|
| | BCN-32 | BCN-33 | BCN-34 | VP-01 | VP-02 | |
| | incolora | negrucza | parda | incolora | incolora | incoloro |
| Composición en A% (EDS) | | | | | | |
| O K | 55,11 | 52,16 | 51,39 | 53,89 | 54,13 | x |
| Na K | 5,80 | 1,48 | 1,72 | 7,34 | 10,58 | x |
| Mg K | 0,00 | 5,62 | 5,50 | 0,00 | 2,45 | x |
| Al K | 1,08 | 6,93 | 1,03 | 1,04 | 0,69 | x |
| Si K | 31,66 | 21,77 | 28,25 | 31,88 | 28,40 | x |
| K K | 0,71 | 0,83 | 0,00 | 0,40 | 0,17 | x |
| Ca K | 5,65 | 5,57 | 9,61 | 5,45 | 3,58 | x |
| Ti K | 0,00 | 0,85 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| V K | 0,00 | 0,12 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | |
| Fe K | 0,00 | 4,69 | 2,31 | 0,00 | 0,00 | |
| Co K | 0,00 | 0,00 | 0,19 | 0,00 | 0,00 | |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

Análisis, espectros EDS e imágenes SEM de las partículas de la tabla 1

Esférula VP-01

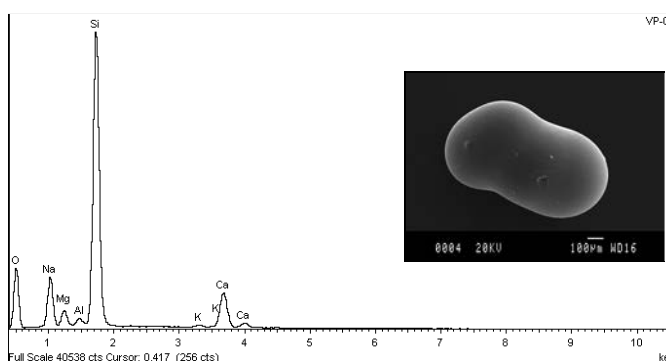
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 39,22 | 0,21 | 53,89 |
| Na K | 7,67 | 0,08 | 7,34 |
| Al K | 1,28 | 0,04 | 1,04 |
| Si K | 40,65 | 0,16 | 31,82 |
| K K | 0,72 | 0,03 | 0,40 |
| Ca K | 9,94 | 0,07 | 5,45 |
| Ti M | 0,52 | 0,09 | 0,06 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la esférula VP-01 del afloramiento JE-001-AN (Junto a la explotación cerámica de Piera).

Esférula VP-02

| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 40,36 | 0,20 | 54,13 |
| Na K | 11,34 | 0,09 | 10,58 |
| Mg K | 2,78 | 0,05 | 2,45 |
| Al K | 0,87 | 0,03 | 0,69 |
| Si K | 37,09 | 0,14 | 28,34 |
| K K | 0,31 | 0,02 | 0,17 |
| Ca K | 6,68 | 0,05 | 3,58 |
| Ti M | 0,57 | 0,09 | 0,06 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la esférula VP-02 del afloramiento JE-001-AN (Junto a la explotación cerámica de Piera).

Esférula BCN-33

| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 35,24 | | 52,16 |
| Na K | 1,43 | | 1,48 |
| Mg K | 5,77 | | 5,62 |
| Al K | 7,89 | | 6,93 |
| Si K | 25,82 | | 21,77 |
| K K | 1,37 | | 0,83 |
| Ca K | 9,42 | | 5,57 |
| Ti K | 1,72 | | 0,85 |
| V K | 0,26 | | 0,12 |
| Fe K | 11,07 | | 4,69 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |

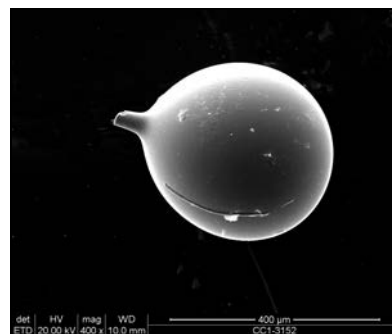


Imagen SEM de la esférula BCN-33

Esférula BCN-32

| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 40,31 | 0,21 | 55,11 |
| Na K | 6,09 | 0,08 | 5,80 |
| Al K | 1,33 | 0,04 | 1,08 |
| Si K | 40,65 | 0,16 | 31,66 |
| K K | 1,27 | 0,04 | 0,71 |
| Ca K | 10,25 | 0,07 | 5,65 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |

Esférula BCN-34

| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
|-----------|--------|--------------|--------|
| O K | 35,11 | | 51,39 |
| Na K | 1,69 | | 1,72 |
| Mg K | 5,71 | | 5,50 |
| Al K | 1,18 | | 1,03 |
| Si K | 33,88 | | 28,25 |
| Ca K | 16,45 | | 9,61 |
| Fe K | 5,50 | | 2,31 |
| Co K | 0,49 | | 0,19 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |

4.2.4.- Carburo de silicio

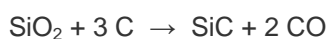
Fórmula molecular: SiC

Composición química: 30% C, 70% Si

Propiedades físicas y otras características generales

| Propiedades y características | |
|-------------------------------------|--|
| Dureza | ≈9 |
| Densidad | 3,21gr/cm ³ |
| Formas cristalográficas | Tiene tres polimorfismos cúbica, hexagonal y romboédrica con más de 74 politipos |
| Forma externa | Angulosas a subangulosas |
| Fractura | Concoide |
| Color | Azul oscuro |
| Diafanidad | Transparente a opaco |
| Brillo | Adamantino |
| Grado de estabilidad | Estable |
| Resistencia a la alteración química | Alta |
| Capacidad de migración | Alta |
| Susceptibilidad magnética | 1,30A a diamagnético |

Obtención: El carburo de silicio se obtiene de arenas de cuarzo de alta pureza y coque de petróleo fusionados en un horno de arco eléctrico a más de 2000 °C con la siguiente composición:



Después de un conjunto de procesos, se separa por tamaño de grano en función de sus distintas aplicaciones.

Mayormente su aplicación es para herramientas de corte y diferentes procesos de abrasión y pulido. Es por tanto normal que se desprendan partículas durante los mismos y por tanto se mezclen con las aguas o líquidos de lavado.

Ocurrencia: Durante los procesos de identificación de las partículas de minerales pesados de las fracciones (1,30 amperios y diamagnéticas) en las arenas del Holoceno más reciente, aparecían con frecuencia, aunque no con demasiada abundancia, unas partículas de color azul oscuro intenso, brillo adamantino y fractura concoide, presentando algunas de ellas señales de posible fusión-carbonización en algunos de sus bordes (*Fig.1 a 4*). Por otra parte, estas partículas no se encontraban presentes en las mismas fracciones de los minerales pesados obtenidos de los sedimentos miocénicos. Para su posible identificación y la descripción de las características morfológicas se procedió a analizarlas por EDS/SEM, situando un conjunto de partículas sobre un "stub" carbonizado.

Los resultados obtenidos que se reflejan en la (Tabla 1 y Figs. 5-6), ofrecían una composición en donde el silicio aparecía como elemento mayoritario y casi exclusivo, así como pequeñas cantidades de aluminio y oxígeno.

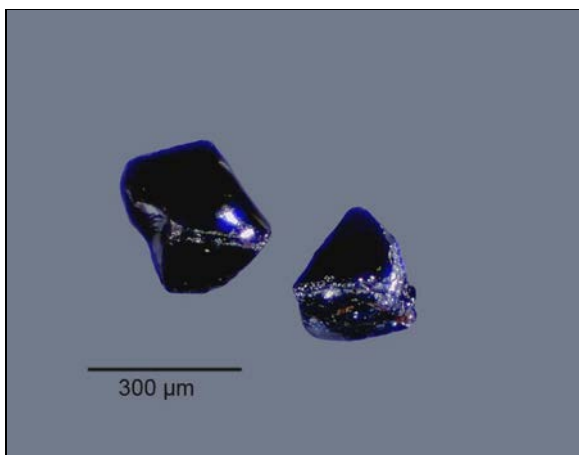


Fig. 1: Partículas color azul oscuro separadas de la fracción diamagnética junto a los minerales pesados del afloramiento JE-015-VOR

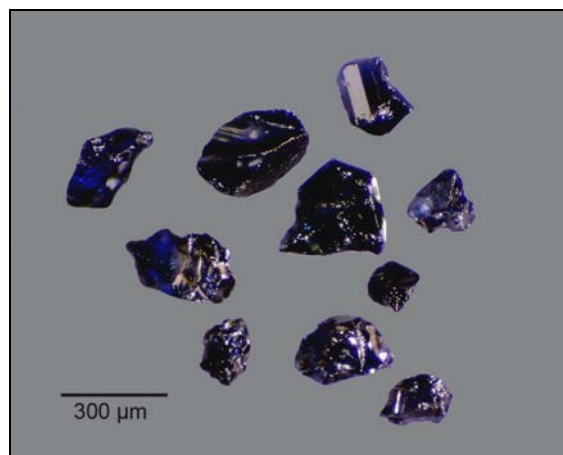


Fig. 2: Grupo de partículas color azul oscuro separadas de la fracción diamagnética junto a los minerales pesados del afloramiento JE-015-VOR

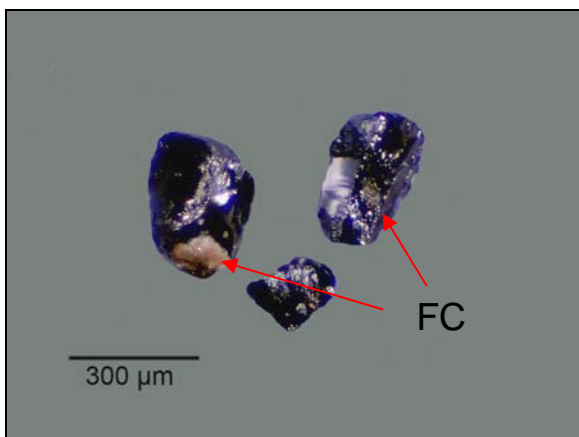


Fig. 3: Partículas color azul oscuro separadas de la fracción diamagnética junto a los minerales pesados del afloramiento JE-021-VOR. **FC**: Zonas de fusión-carbonización

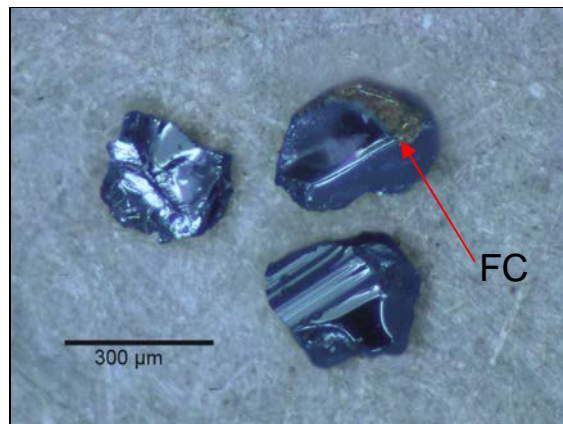


Fig. 4: Partículas color azul oscuro separadas de la fracción diamagnética junto a los minerales pesados del afloramiento JE-008-AP. **FC**: Zona de fusión-carbonización

Tabla 1: Resultados obtenidos en los análisis por EDS sobre las partículas situadas sobre un "stub" y carbonizadas. Se eliminó el carbono de la composición por suponer que correspondía exclusivamente al recubrimiento.

| Elementos | Partículas azules por identificar | | | |
|-------------------------|-----------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| | JE-D01-04 | JE-D01-05 | JE-D01-06 | JE-D01-07 |
| Composición en A% (EDS) | | | | |
| O K | 7,76 | 45,90 | 9,82 | 5,28 |
| Al K | 0,26 | 0,14 | 0,28 | 0,00 |
| Si K | 91,97 | 53,96 | 89,89 | 94,72 |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

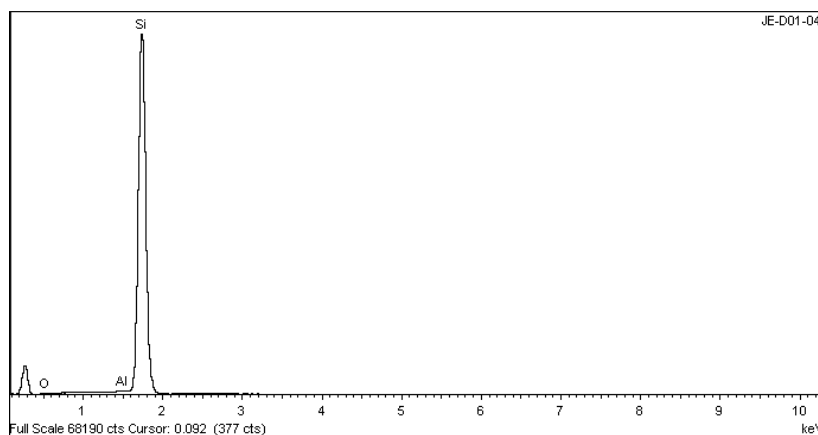


Fig.5: Espectro EDS correspondiente a la partícula JE-D01-04 obtenida de las arenas del afloramiento JE-015-VOR.

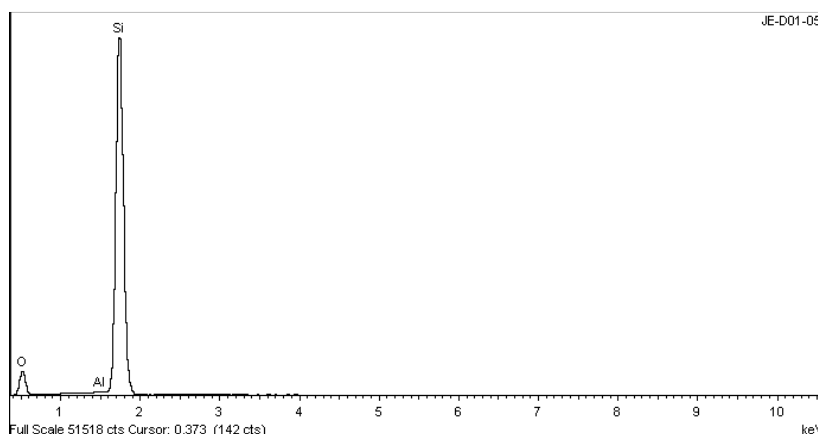


Fig.6: Espectro EDS correspondiente a la partícula JE-D01-05 obtenida de las arenas del afloramiento JE-008-AP.

El silicio como elemento nativo, es raro en la naturaleza y por tanto no tenía sentido en el entorno geológico en el que nos encontramos.

Teniendo en cuenta que de los resultados obtenidos por EDS se había eliminado el carbono por considerar que su presencia correspondía al recubrimiento de la muestra. Se procede a realizar los análisis sobre partículas no recubiertas de carbono (*Tabla 2* y *Figs.7-8-9*).

Los resultados así obtenidos corresponden a la composición Si C (moissanita/carburo de silicio), y teniendo en cuenta que las moissanitas son de origen meteórico o están vinculadas a rocas ultramáficas no presentes en nuestra zona de estudio, lo más probable era que estas partículas fuesen carburo de silicio (carborundo) de origen antropogénico.

Los resultados obtenidos sobre aquellas zonas de las partículas que debido a la fricción ($+\Delta T^{\circ}$), se han transformado y presentan una coloración amarillo-amarronada, corresponden a una composición mayoritaria de carbono con ligera presencia de silicio y aluminio y muy pequeñas cantidades de un conjunto de elementos que se pueden haber incorporado de los objetos pulidos en el proceso de fusión-carbonización (*Tabla 2*).

Tabla 2: En color amarillo los valores obtenidos por EDS en partículas no carbonizadas. En verde los que se obtienen en las zonas de fusión-carbonización.

| Elementos | Resultados EDS incorporado carbono | | | |
|-------------------------|------------------------------------|-----------|----------------------|----------------------|
| | JE-D01-08 | JE-D01-09 | JE-D01-07 | JE-D01-07b |
| | partícula | partícula | fusión/carbonización | fusión/carbonización |
| Composición en A% (EDS) | | | | |
| C K | 70,17 | 73,42 | 88,89 | 70,12 |
| O K | 1,17 | 1,45 | 10,20 | 20,11 |
| Al K | 0,10 | 0,00 | 0,14 | 0,19 |
| Si K | 28,56 | 25,13 | 0,12 | 0,21 |
| Na K | | | 0,14 | 0,07 |
| Mg K | | | | 0,03 |
| P K | | | | 0,02 |
| S K | | | 0,25 | 0,11 |
| K K | | | 0,26 | 0,06 |
| Ca K | | | | 0,04 |
| Fe K | | | | 0,04 |
| Totales | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

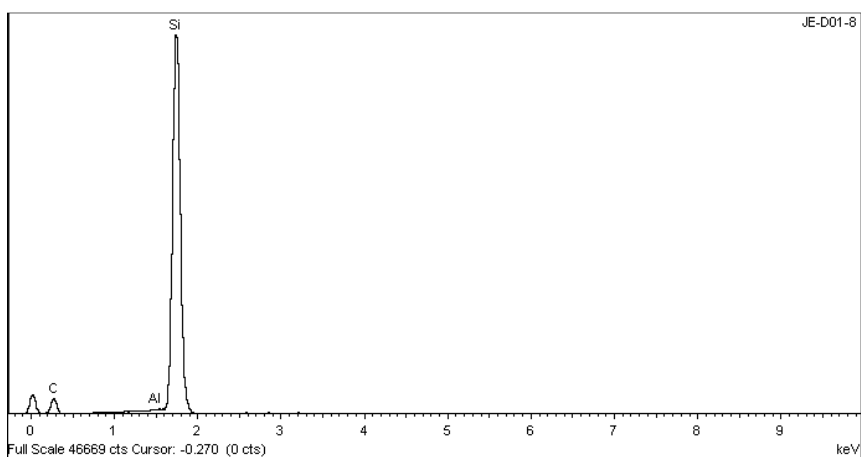


Fig.7: Espectro EDS correspondiente a la partícula JE-D01-08 obtenida de las arenas del afloramiento JE-015-VOR.

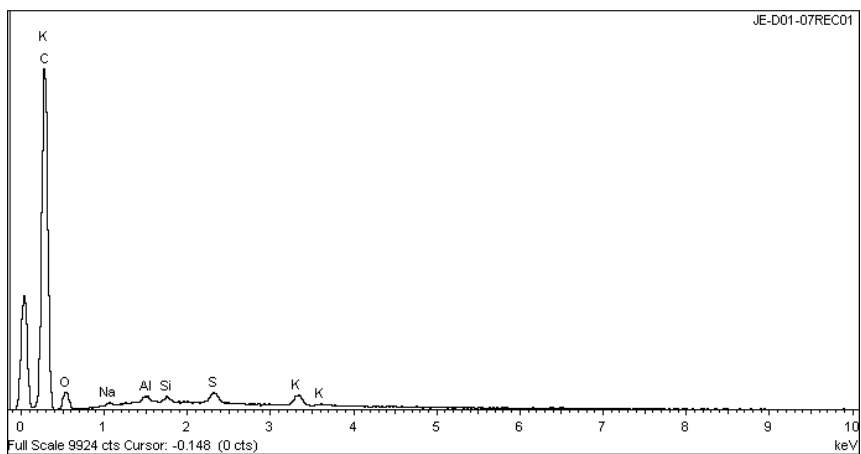


Fig.8: Espectro EDS correspondiente a la partícula JE-D01-07 obtenida de las arenas del afloramiento JE-008-AP.

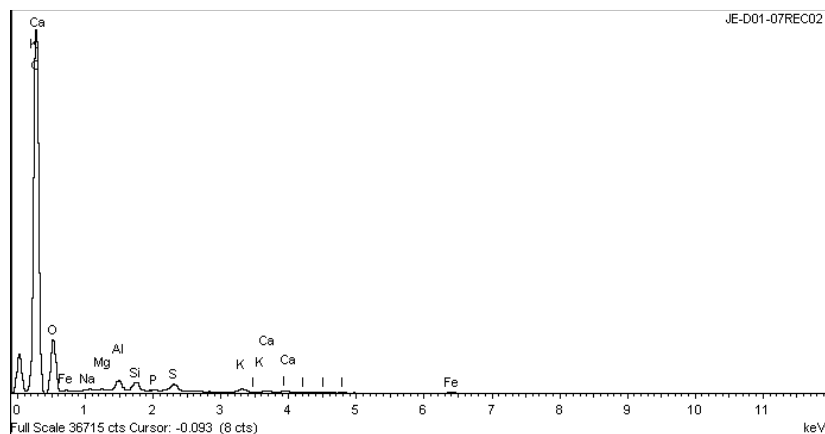


Fig.9: Espectro EDS correspondiente a la partícula JE-D01-07b obtenida de las arenas del afloramiento JE-008-AP.

Para asegurar la identificación se reúnen un conjunto de partículas de distintos afloramientos del Holoceno para analizarlas por DRX.

Como se puede observar en el difractograma de rayos X (Fig.7), la muestra está compuesta por dos politipos de SiC (Moissanita sintética 4H y 6H) con ligera presencia de cuarzo.

Estos dos politipos corresponden habitualmente a carburo de silicio de origen antropogénico

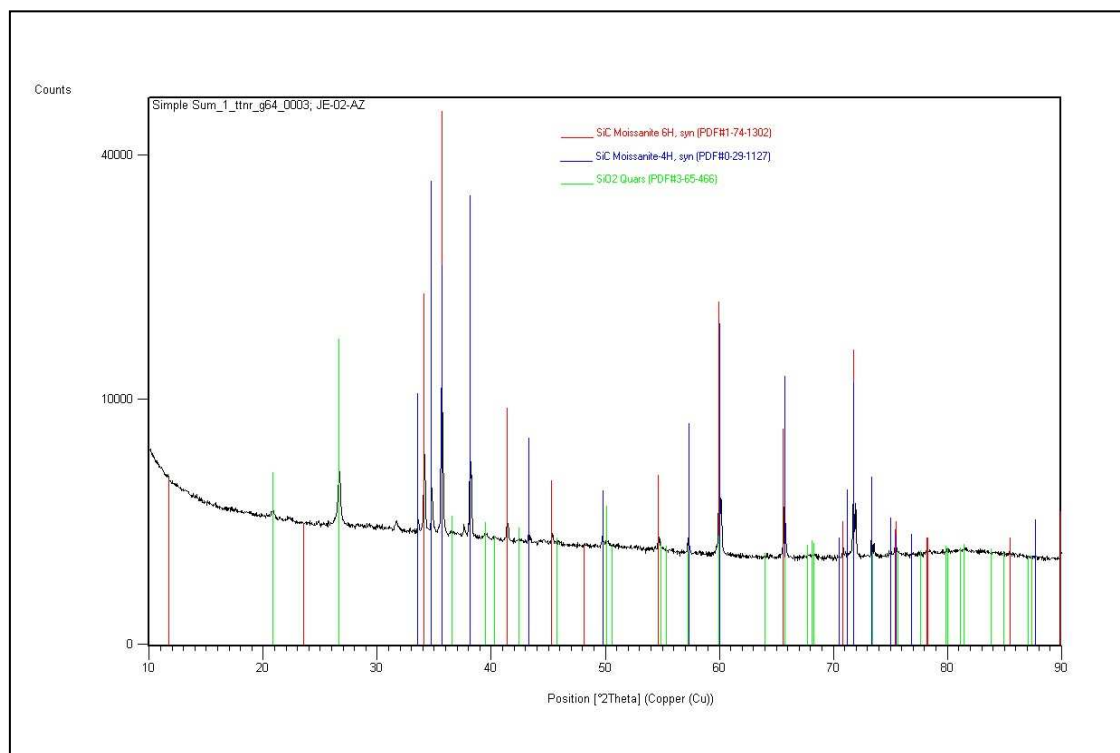


Fig.7: Difractograma de rayos X correspondiente a un conjunto de partículas de carburo de silicio correspondientes a distintos afloramientos del Holoceno más reciente.

Conclusiones:

Estas partículas azul intenso, que podemos encontrar, aunque no en abundancia, junto a los minerales pesados de la fracción electromagnética a partir de 1,30 amperios y mayoritariamente en la diamagnética, corresponden a carburo de silicio de origen antropogénico que por diferentes circunstancias han ido a parar a los cauces fluviales.

4.2.5.- Restos de cerámica y esmaltes cerámicos

Se encuentran con cierta abundancia en algunas arenas del Holoceno más reciente.

Con densidades superiores a $2,9 \text{ gr/cm}^3$, solo se obtienen aquellas partículas que sobre la arcilla cocida poseen una capa de recubrimiento vítreo.

Dejando a parte las que proceden de escombros de la construcción o de objetos decorativos. Las que han resultado de mayor interés a nivel identificativo son las que tienen su origen en la rotura de cerámicas barnizadas especialmente para usos culinarios (cazuelas y ollas de barro).

El recubrimiento vítreo de estas cerámicas es transparente y de un color amarillo intenso. Estas partículas las podemos encontrar en fragmentos individualizados en la fracción diamagnética (Fig.01), donde pueden confundirse con algunos minerales como la titanita, aunque generalmente aparecen adheridas a su base cerámica (Fig.02). Son atraíbles a partir de 0,80A, lo que facilita su identificación.

Los vidriados están compuestos de una cantidad variable de sílice en combinación con óxidos fundentes, actuando la alúmina como estabilizante.

Se han analizado por EDS partículas procedentes de las arenas del Holoceno y se han comparado con las obtenidas por rotura de cazuelas cerámicas de fabricación actual (Tabla: 01).



Fig. 01: Fragmentos de recubrimiento vítreo



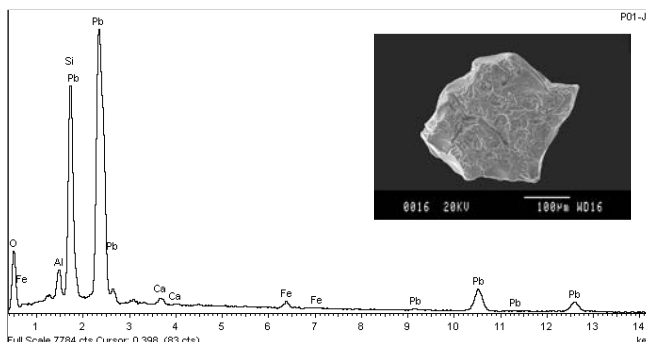
Fig. 02: Recubrimiento vítreo sobre una base cerámica correspondientes a una cazuela rota.

Tabla 01: Elementos y porcentajes que resultan de los análisis por EDS efectuados a los restos cerámicos obtenidos por rotura y los separados de las arenas del Holoceno. En amarillo los componentes básicos de un vidriado incoloro. En verde la composición de las arcillas que en general es muy variable.

| Elementos | Arcilla cerámica básica | Recubrimiento vítreo cazuela | | | Partículas en arenas del Holoceno | | | | | |
|-------------------|-------------------------|------------------------------|--------|--------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | 1 | 2 | 3 | 03SEL | 09VOR | 11SEL | 02AP | 02AP | 36VOR |
| Composición en A% | | | | | | | | | | |
| O K | x | 62,19 | 64,43 | 57,20 | 61,87 | 59,80 | 55,67 | 56,35 | 59,05 | 62,77 |
| Na K | x | 0,51 | 0,67 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg K | x | 0,44 | 0,65 | 0,56 | 0,00 | 0,00 | 0,64 | 0,84 | 0,90 | 0,48 |
| Al K | x | 4,97 | 4,81 | 5,09 | 5,17 | 3,36 | 2,99 | 4,90 | 4,30 | 3,21 |
| Si K | x | 21,76 | 20,53 | 25,39 | 16,48 | 22,25 | 24,53 | 23,66 | 23,40 | 21,31 |
| K K | x | 0,69 | 0,73 | 0,67 | 0,52 | 0,00 | 0,38 | 0,84 | 0,64 | 0,25 |
| Ca K | x | 0,33 | 0,34 | 0,28 | 0,68 | 0,93 | 0,76 | 0,70 | 1,02 | 0,58 |
| Ti K | x | 0,20 | 0,00 | 0,29 | 0,24 | 0,00 | 0,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Fe K | x | 1,28 | 1,00 | 1,35 | 1,36 | 1,08 | 1,68 | 1,32 | 1,33 | 1,05 |
| Pb L | | 7,62 | 6,86 | 9,18 | 13,68 | 12,57 | 13,17 | 11,39 | 9,35 | 10,35 |
| Totales | | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

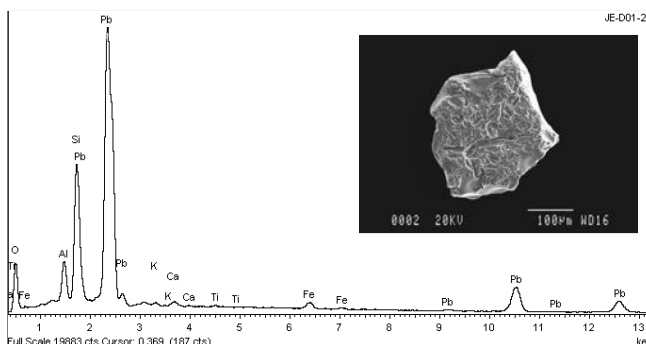
Análisis, espectros EDS e imágenes SEM de algunas de las partículas de la tabla 01

| Partícula P01-J1 | | | |
|------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 21,87 | 0,35 | 59,80 |
| Al K | 2,07 | 0,07 | 3,36 |
| Si K | 14,28 | 0,14 | 22,25 |
| Ca K | 0,86 | 0,07 | 0,93 |
| Fe K | 1,38 | 0,10 | 1,08 |
| Pb M | 59,54 | 0,34 | 12,57 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula P01-J1 del afloramiento JE-009-VOR

| Partícula JE-D01-29 | | | |
|---------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 21,57 | 0,26 | 61,87 |
| Al K | 3,04 | 0,05 | 5,17 |
| Si K | 10,67 | 0,08 | 16,48 |
| K K | 0,44 | 0,04 | 0,52 |
| Ca K | 0,59 | 0,04 | 0,68 |
| Ti K | 0,25 | 0,05 | 0,24 |
| Fe K | 1,66 | 0,07 | 1,36 |
| Pb M | 61,78 | 0,26 | 13,68 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |



Espectro correspondiente a la partícula JE-D01-29 del afloramiento JE-003-SEL

| Recubrimiento vítreo - 1 | | | |
|--------------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 28,72 | 0,47 | 62,19 |
| Na K | 0,34 | 0,08 | 0,51 |
| Mg K | 0,31 | 0,06 | 0,44 |
| Al K | 3,87 | 0,09 | 4,97 |
| Si K | 17,64 | 0,22 | 21,76 |
| K K | 0,78 | 0,06 | 0,69 |
| Ca K | 0,39 | 0,06 | 0,33 |
| Ti K | 0,28 | 0,06 | 0,20 |
| Fe K | 2,06 | 0,10 | 1,28 |
| Pb M | 45,61 | 0,56 | 7,62 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |

| Recubrimiento vítreo - 3 | | | |
|--------------------------|--------|--------------|--------|
| Elementos | Wt% | Wt% Sigma | A% |
| O K | 24,04 | 0,55 | 57,20 |
| Na K | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Mg K | 0,36 | 0,08 | 0,56 |
| Al K | 3,60 | 0,10 | 5,09 |
| Si K | 18,73 | 0,28 | 25,39 |
| K K | 0,68 | 0,08 | 0,67 |
| Ca K | 0,29 | 0,07 | 0,28 |
| Ti K | 0,37 | 0,08 | 0,29 |
| Fe K | 1,98 | 0,12 | 1,35 |
| Pb M | 49,95 | 0,67 | 9,18 |
| Totales | 100,00 | | 100,00 |

Conclusiones

Se deduce de los valores obtenidos la coincidencia compositiva de ambos tipos de partículas y por tanto el origen antropogénico de las que forman parte de las arenas del Holoceno.

Es posible por contaminación encontrar alguna partícula en las muestras del Mioceno.

5.- Discusión y conclusiones

Referentes a los trabajos de laboratorio:

- Se presenta un esquema general de todos los procesos para facilitar la comprensión de los mismos.
- Se facilitan algunos consejos para el uso y mejor rendimiento del Licor de Thoulet.
- Se describen los filtros de poliamida utilizados en sustitución de los clásicos de papel.
- Para cada sector y afloramiento se relaciona la cantidad de minerales pesados obtenidos así como su reparto en los diferentes rangos electromagnéticos y el número de partículas de oro obtenidas.
- Se vincula los g/t de minerales pesados de cada sector con los porcentajes de las litologías que componen la fracción grava.
- Se expone el método utilizado para calcular el porcentaje en peso de cada mineral pesado en cada fracción granulométrica y en el total de la muestra. Efectuando un estudio comparativo con los valores obtenidos por DRX.
- En el capítulo correspondiente al oro, se exponen los el métodos utilizado para la medición del eje C de las pequeñas partículas de oro, así como para la estimación del peso y el cálculo del SFC y del IA. En el mismo capítulo se confeccionan gráficos para cada grupo de afloramientos destinados a la apreciación de la distancia a las que se consideran posibles áreas fuente.

Referentes a los minerales pesados:

ORO

- Ha quedado demostrada la presencia de partículas de oro en los sedimentos del Mioceno y del Holoceno de la fosa neógena del Vallès-Penedès.
- De las 67 muestras del Mioceno en 36 se han obtenido partículas de oro. De las 56 del Holoceno se han obtenido en 33.
- La distribución del oro es impredecible, no hemos encontrado que exista alguna vinculación a mineral o grupo de minerales que actúen como indicadores de su posible presencia.
- Se obtenido una máxima concentración en el Sector 03-VOR (Muestra-09) que corresponden a los sondeos en el Mioceno de El Falgar y (Muestra 55VOR) que corresponde al Holoceno de La Garriga. En ambos casos, sin descartar otras fuentes (materiales del Ordovícico, filones de cuarzo e intrusiones graníticas próximas) existen restos de explotaciones históricas cercanas cuya composición mineralógica y origen podrían estar asociados a estos oros.
- También se han obtenido buenas concentraciones, aunque en menor cantidad que las anteriores en el Sector 07-AP (Muestra 07AP- Mioceno) y (08AP- Holoceno) situadas en el Pas de les Piles. Sin ninguna mineralización destacable en la posible zona de aporte, proceden de los materiales paleozoicos de la Cordillera Prelitoral situada al N.
- Las partículas son de pequeño tamaño, siendo la mayoría inferiores a 300µm.
- De los análisis efectuados a las partículas se observa que mayoritariamente se trata de oro 100%, conteniendo algunas pequeñas cantidades de plata y trazas de cobre.
- Excepcionalmente, alguna en ciertos puntos de análisis ha presentado contenidos superiores al 20% de plata (*electrum*).

- En ninguno de los afloramientos los miligramos por tonelada estimados en la totalidad de la fracción $\leq 1\text{mm}$ superan al límite de corte establecido (cotización del mercado + costes de explotación) para plantearse un mayor estudio prospectivo, más teniendo en cuenta la gran concentración de población e infraestructuras existentes.

SUPERGRUPO DE LA ALUNITA

- Se cita por primera vez la presencia de minerales APS en los sedimentos de Mioceno y del Holoceno más reciente.
- En el capítulo 4.xx-xx se estudia extensamente su morfología, su composición química, así como también su formación y origen. También su distribución y abundancias.
- Hemos de destacar su valor paleogeográfico. Nos puede facilitar la localización actual o histórica de los niveles del Permo-Triásico.

EPIDOTA Tipo II - CLINOCLORO

- Minerales que pertenecen a grupos mineralógicos distintos y de composición diferente, suelen aparecer ambos en mayor o menor cantidad relativa dentro de una misma muestra.
- Ambos están asociados a un metamorfismo regional de bajos grado i/o de contacto (*skarns*).
- El clinocloro es más abundante respecto a la Epidota I en aquellos afloramientos más próximos a su área fuente. Posiblemente posee una menor capacidad de resistencia al transporte. En los afloramientos de la fosa de Vilanova (arenas silíceas) cuyas partículas han tenido un transporte prolongado solo aparece la Epidota I.
- Se ha detectado una disminución del contenido de clinocloro de este a oeste en los afloramientos a lo largo de la Cordillera Prelitoral.

APATITO - FLUORAPATITO

- En el capítulo 4.x.xx (pag.xx) se informa de la aparición de fluorapatitos, algunos con pequeños contenidos de REE, asociados a los minerales APS en los niveles inferiores de Buntsandstein y que también consideramos de origen autigénico.
- Estos apatitos, al igual que los minerales APS, aunque en menor cantidad, forman parte de la fracción pesada de los sedimentos miocénicos.

ESFERULAS MAGNÉTICAS

- En el capítulo 4x.xx con toda la información recogida y los análisis EDS efectuados, se exponen sus posibles orígenes.

GRANATES

- El granate grossularia es el de mayor abundancia, en particular en los afloramientos cuyas áreas de aporte están próximas a zonas con metamorfismo de contacto (*skarns*) de rocas plutónicas con rocas carbonatadas. La andradita es el que se presenta en menor proporción.
- Los almandinos están más vinculados a zonas próximas a las áreas de metamorfismo regional de rocas arcillosas. También asociado a metamorfismo de contacto con las mismas.

PIRITAS OXIDADAS

- De los análisis EDS y las difracciones efectuadas se observa que de la composición original ha desaparecido, por oxidación, total o casi totalmente el azufre. La mineralogía corresponde a hematites y goethita, dando lugar a una clara pseudomorfosis

MINERALES ANTROPOGÉNICOS

- Es de destacar la localización y los procesos de identificación de las partículas de carburo de silicio contenidas en los sedimentos del Holoceno.

- Se aborda la composición y posible origen de las esférulas vítreas.

- Se identifican partículas correspondientes a esmaltes cerámicos, que en algunos casos pueden confundirse visualmente con minerales como la titanita.

Referentes a los minerales pesados de interés económico o paleogeográfico.

En el capítulo del oro ya hemos dado nuestra opinión al respecto.

Con todos los datos que se han obtenido en el transcurso de la tesis, hemos estudiado de este a oeste, en un conjunto de afloramientos que están situados lo largo de la falla septentrional y de forma proximal a los relieves de la Cordillera Prelitoral, la distribución y cuantificación de aquellos minerales pesados que siendo de interés económico o pudiendo actuar como indicadores paleogeográficos, no habían sido tratados bajo este aspecto dentro de su capítulo. Se pueden observar los resultados en el DVD adjunto.

Nos referiremos principalmente a los siguientes:

- Ilmenita (Ti)
- Monazita (REE)
- Circón (Zr)
- Rutilo-Anatasa (Ti)
- Estauroлита (paleogeográfico)
- Epidota/Clinocloro (paleogeográfico)

6.- Temas a profundizar

Una vez finalizado este estudio, según mi opinión personal, estas son las principales líneas de investigación que se podrían seguir:

- Realizar un estudio de petrología dividido en pequeñas zonas de los relieves que limitan la fosa neógena del Vallès-Penedès para comprobar si la procedencia teórica que hemos asignado a algunos de los minerales pesados presentes en los sedimentos del Mioceno y del Holoceno se corresponden ciertamente.

- Ampliar de forma sistemática en número de muestras en aquellas zonas que nos han dado una mayor proporción de partículas de oro, para que junto a los estudios petrológicos antes citados se puedan establecer con mayor rotundidad las áreas fuente y sus condiciones de formación.

- Profundizar en el estudio de las partículas de oro por medio de microsonda u otras técnicas para observar los cambios puntuales de composición y detectar la presencia de otros posibles minerales asociados.

- Analizar con mayor profundidad la composición y las estructuras internas de las partículas de minerales APS, para deducir los mecanismos que le dan su forma en el momento de su formación.
- Hacer un estudio detallado de la extensión y de la petrología de los perfiles de alteración desarrollados durante la formación de la discordancia pretriásica. Especialmente de su contenido en minerales pesados y en minerales APS i/o apatito de origen autógeno. Tanto en el Vallès-Penedès como en otras zonas de características similares.
- Intentar la aplicación de análisis isotópicos a las partículas de minerales APS para deducir su edad y la temperatura de formación.
- Establecer mediante un muestreo sistemático a lo largo de los relieves de la Cordillera Prelitoral las variaciones de abundancia relativa Epidota II-Clinocloro y sus causas.
- Estudiar con mayor profundidad las esférulas metálicas, magnéticas o no, para aportar nuevos datos que faciliten el conocimiento de sus orígenes.
- Obtener y estudiar un conjunto de muestras correspondientes a afloramientos estratégicamente situados, que mediante el estudio de las gravas y los minerales pesados que contengan, nos permita opinar con un mayor grado de conocimiento sobre la hipótesis del Dr. Calzada relativa a la posible existencia de un Paleoañoia.

Referencias bibliográficas

Agustí, J., Cabrera, L. y Moya-Sola, S., 1983-1984. Sinopsis estratigráfica del Neógeno de la fosa del Vallès- Penedés. *Paleontologia i Evolució*, 18 , 57-81.

Barrenechea, J.F., Luque, F.J., Benito, M.I., De la Horra, R., López-Gómez, J. & Arche, A. 2006. Fosfatos-Sulfatos aluminicos (APS) ricos en Sr en materiales del Triásico inferior del SE de la Cordillera Ibérica. *Macla-Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, nº 6, 77-80 (XXVI Reunión SEM / XX Reunión SEA).

Bartrina, M.T., Cabrera, L., Jurado, M.J., y Roca, E., (1992). Evolution of the central Catalan margin of the Valencia trough (western Mediterranean). *Tectonophysics*, 203, 219-247.

Cabrera Pérez, Luis., 1979. *Estudio estratigráfico y sedimentológico de los depósitos continentales basales del Mioceno de la Depresión del Vallès-Penedès*. Tesis de licenciatura. Departament d'Estratigrafia i Geologia Històrica. Universitat de Barcelona, 361 pp.

Cabrera Pérez, L., 1981. Influencia de la tectónica en la sedimentación continental del Vallès-Penedès (provincia de Barcelona, España) durante el Mioceno inferior. *Acta Geológica Hispánica*, t. 16 (1981), nº3, 165-171.

Cabrera Pérez, L. (1981) Estratigrafía y características sedimentológicas de las formaciones continentales del Mioceno inferior de la cuenca del Vallès-Penedès (Barcelona-España). *Estudios Geológicos*, 37, 35-43.

Cabrera, L., Calvet, F., Guimerá, J. & Permanyer, A. 1991. *El registro sedimentario miocénico en los semigrabens del Vallès-Penedès y de El Camp: Organización secuencial y relaciones tectónica sedimentación*. Libro-Guía Excursión nº4 .I Congreso del Grupo Español del Terciario. Editado por F. Colombo, Vic, Barcelona, 132 pp.

Calderón, S. 1910. *Los Minerales de España (tomo I)*. Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas. Imprenta de Eduardo Arias. Madrid. 416 pp.

Cailleux, A. 1945. Distincion des galets marins et fluviatiles. *Bulletin de la Societe Géologique de France*, 15, 375-404.

Calzada, S. 1969. Litoestratigrafía y Paleontología de unas arenas del Mioceno de Sant Pere de Ribes (Garraf, Barcelona). *Acta Geológica Hispánica*, 2, 29-34.

Calzada, S. 1975. ¿Desembocaba el río Anoia directamente en el Mar Mediterráneo? *R. Soc. Española de Historia Natural (Madrid)*, 61-70.

Corbella, M., Casado, G. 2014. *Caracterització i gènesi de la mineralització del Socau (Vallcàrquera, El Figaró)*. BachelorThesis, Departament de Geologia, UAB.

Corey, S. 1949. "Action research, fundamental research, and educational practices". Teachers College Record, 50, 509-14.

Costa, M.L. da; Fernández, O. C.; Toledo, M. C. M. de; Passos, C. M. & Pereira, P. F. 2004. A turquesa de Itacupim, Pará. *Revista da Escola de Minas de Ouro Preto*, 57: 261-266.

Del Monte, J.M. *et al.*, 1992. Aeolian dust transport and deposition over Crete and adjacent parts of the Mediterranean sea. *Earth Surface Processes and Landforms*, 17, 271-288.

Demange, M. 2009. *Les minéraux des roches. Caractères optiques. Composition chimique. Gisement*. Les Presses des Mines Éditeurs, Paris, France. 194 p.

De-Piper, G. y Dolansky, L.M. 2005. Sedimentary environment and diagenesis of the Lower Cretaceous Chaswood formation southeastern Canada: the origin of caolin Rich mudstones. *Sedimentary Geology*, Vol.178, 75-97.

Devismes, P. 1978. *Atlas Photographique des Minéraux d'Alluvions. VOL I-II*. Mémoire du Bureau de recherches géologiques et minières. N° 95. BRGM éditions, Orléans, France. 198 pp.

Díaz-Hernández, J.L. 2000. Estimación de las emisiones sólidas producidas por vía aérea en el incendio forestal de un ecosistema mediterráneo. *Ecología*, 14, 37-47.

Díaz-Hernández, J.L. & Miranda Hernández, J.M. 1997. Tasas de deposición de polvo atmosférico en un área semiárida del entorno mediterráneo occidental. *Estudios Geológicos*, 53, 211-220.

Dill, H.G. 2001. The geology of aluminium phosphates and sulphates of the alunite group minerals: a review. *Earth Science Reviews*, 53, 35-93.

Eneldo, H.G. 2001. La geología de los fosfatos y sulfatos de los minerales del grupo alunita: una revisión. *Ciencias opinión a la Tierra*, 53, 35-93.

Escusa, A., Layos, D., Sainz, P. & Serra, J. 1995. *Prospecció al.luvionar en el riu Tordera*. Treball de Prospecció Minera i Geologia Econòmica. Facultat de Geologia de la U.B.

Ferrer, C. 1997. *La meteorització laterítica del trànsit Paleozoic-Mesozoic: Caracterització petrològica i significat geològic*. Tesis de llicenciatura, U.A.B; 169 p.

Fontboté, J.M., 1954. Las relaciones tectónicas de la depresión del Vallés-Penedés con la Cordillera Prelitoral Catalana y con la Depresión del Ebro. *In: Tomo homenaje Prof. E. Hernández Pacheco, Madrid, Real Sociedad Española de Historia Natural*, 281-310.

Gaboreau, S. et al., 2005. Aluminum phosphate-sulfate minerals associated with proterozoic unconformity-type uranium deposits in the east alligator river uranium field, northern territories, Australia. *The Canadian Mineralogist*. Vol.43, 813,827.

Gil Ibarra, J.I., Julivert, M., 1988. Petrología de la aureola metamórfica de la granodiorita de Barcelona en la Sierra de Collserola (Tibidabo). *Estudios Geológicos*, 44, 353-374.

Giusti, I., 1986. The morphology, mineralogy, and behavior of "fine-grained" gold from placer deposits of Alberta: sampling and implications for mineral exploration. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 23, 1662-1672.

Gómez-Gras, D. 1993 (a). El Permotrias de la Cordillera Costero Catalana: Facies y Petrología Sedimentaria. Parte I. *Bol. Geol.Min.* Vol.104-2, 115-161.

Gómez-Gras, D. 1993 (b). El Permotrias de las Baleares y de la vertiente mediterránea de la Cordillera Ibérica: Facies y Petrología Sedimentaria. Parte II. *Bol.Geol.Min.* Vol 104-5, 467-515.

Gómez-Gras, D. y Ferrer, C. 1999 (a). Efectos de la meteorización laterítica pretriásica en las dolomías del Silúrico-Devónico de la Cordillera Costero Catalana (NE España). *Geogaceta*. Vol. 25, 95-98.

Gómez-Gras, D. y Ferrer, C. 1999 (b). Caracterización petrológica de perfiles de meteorización antiguos desarrollados en los granitos tardihercínicos de la Cordillera Costero Catalana. *Rev. Soc. Geol. España*. Vol. 12(2), 281-299.

Hérail, G., Fornari, M. & Rouhier, M. 1989. Geomorphological control of gold distribution and gold particle evolution in glacial and fluvio-glacial placers of the Ancocala-Ananca basin, southeastern Andes of Peru. *Geomorphology*, 2, 369-383.

- Hernando, S. & Hernando, J. (1976). Los minerales pesados del Buntsandstein (¿Triásico inferior y medio?) de la región Ayllón-Atienza (provincias de Segovia, Soria y Guadalajara). *Estudios geológicos*, 32, 143-154.
- Huffman, G.P., Huggins, F.E. 1986. Reactions and transformations of coal mineral matter at elevated temperatures. *ACS Symposium series*, 301, 100-113.
- Jambor, J.L. 1999. Nomenclature of the alunite supergroup. *The Canadian Mineralogist*, vol.37, 1323-1341.
- Jambor, J.L. 2000. Nomenclature of the alunite supergroup: Reply. *The Canadian Mineralogist*, vol. 38, 1298-1303.
- Jones, R.L. & Olson, K.R. 1990. Fly ash use as a time marker in sedimentation studies. *Soil Science Society of American Journal*, 54, 855-859.
- Julivert, M., Durán, H., 1990. Paleozoic stratigraphy of the Central Northern part of the Catalonian Coastal Ranges (NE Spain). *Acta Geologica Hispanica*, 25, 3-12.
- Kolitsch, U. & Pring, A. 2001. Crystal chemistry of the crandallite, beudantite and alunite groups: a review and evaluation of the suitability as storage materials for toxic metals. *J. Mineral Petrol Sci*, 96, 67-78.
- Krumbein, W.C., 1941. "Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles". *Journal of Petrology Sedimentary*, 64 –72.
- Loen, J.S. 1995. Use of placer gold characteristics to locate bedrock gold mineralization. *Exploration and Mining Geology*, 4, 335-339.
- López-Blanco, M., Marzo, M., Burbank, D.W. Vergés, J. Roca, E., Anadón, P. y Piña, J. 2000. Tectonic and climatic controls on the development of foreland fan deltas: Montserrat and Sant Llorenç del Munt systems (Middle Eocene, Ebro Basin, NE Spain) *Sedimentary Geology*, 138, 17-39
- Llopi, N. (1947): Contribución al conocimiento de la morfoestructura de los Catalánides. *Publ. Inst. "Lucas Mallada" C.S.I.C.*, 372 pp.
- Manchado, E.M., Suárez, M. & García-Romero, E. 2008. Minerales del grupo de la alunita en el yacimiento de caolinita de Tamame de Sayago (Zamora). *Macla-Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, nº 9, 151-152.
- Mange, M.A. & Maurer, H.F.W., 1992. *Heavy minerals in colour*. Chapman & Hall (London, UK), 147 pp.
- Mange, M.A. & Wright, D. 2007. *Heavy minerals in use*. Developments in Sedimentology, nº 58, Elsevier Science, first edition, UK, 1328 pp.
- McClenaghan, M.B. 2011. Overview of common processing methods for recovery of indicator minerals from sediment and bedrock in mineral exploration. *Geochemistry*, vol 11, Part 4, 265-277.
- McClenaghan, M.B. & Cabri, L.J. 2011. Review of gold and platinum group element (PGE) indicator minerals methods for surficial sediment sampling. *Geochemistry*, vol 11, Part 4, 251-263.
- Mata i Perelló, J.M (1990). *Els Minerals de Catalunya*, Institut d'Estudis Catalans. Arxius de la Secció de Ciències, XCIII. 441 p.
- Marzo, M. 1980. *El Buntsandstein de los Catalánides: estratigrafía y procesos de sedimentación*. Tesis Doctoral. Universidad de Barcelona, 317 pp.

Melgarejo, J.C., Proenza, J.A., Galí, S. & Llovet, X., 2010. Técnicas de caracterización mineral y su aplicación en exploración y explotación minera. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, vol.62, núm.1, 1-23.

Melgarejo, J.C. 1997. *Atlas d'associacions minerals en làmina prima (2 vol)*. Publ. Universitat de Barcelona, 445 pp

Mordberg, L.E. *et al.*, (2001). Rare Earth element anomalies in crandallite Group minerals from the Dchugorsk bauxite deposit, Timan, Russia. *Eur.J. Mineral*, 12, 1229-1243.

Morton, A.C., 1985. Heavy minerals in provenance studies. In: Provenance of arenitas (G.G.Zuffa), *Ed. N.A.T.O. Advanced Study Series*, 148, 249-277.

Nickel, E.H. 1992. Solid Solutions in mineral nomenclature. *The Canadian Mineralogist*, 30, 231-234.

Nriagu J. O. (1974) Supergene formation of base metal phosphates. *Proceed. Int. Symp. Water-Rock Interaction (eds. Cadek J. and Paces T.)*, pp. 436–443. *Ustredni Ustav Geologicky*.

Parcerisa, D. 2002. *Petrologia i diagènesi en sediments de l'Oligocè superior i del Miocè inferior i mitjà de la Depressió del Vallès i del Pla de Barcelona. Evolució de l'àrea font i dinàmica dels fluids*. – Tesis Doctoral (Dic. 2002).Dpt. de Geologia, Unitat de Petrologia i Geoquímica de la U.A.B.TDX-1017103-160329.

Parfenoff. A., Pomerol, C.H. & Tourenq, J., 1970 *Les minéraux en grains- Méthodes d'étude et détermination*. Masson et Cie Éditeurs, Paris, France. 550 pp.

Pere Gil, S.I. 1600. Geografia de Catalunya. Manuscrito inédito en Seminario de Barcelona, transcrito por Iglésies, J. (1949). *Quaderns de Geografia*, Barcelona, 224-225

Pérez Mateos, J. 1965. *Análisis mineralógico de arenas (métodos de estudio)*. Manuales de Ciencia Actual, nº 1, C.S.I.C (Patronato Alonso de Herrera), 265 pp.

Pettijohn, F.J. 1941 Persistence of heavy minerals and geologic age. *J. Geol.* 49, 610-625.

Pettijohn, F.J. 1975 *Sedimentary Rocks 3rd Ed*. Harper & Row, New York.

Ramos-Guerrero, E., Casas, A., Pinto, V. & Agustí, J. 1994 (pub.1996). Estructura y relleno sedimentario de la semifosa neógena de Vilanova (Garraf, Barcelona). *Acta Geológica Hispánica*, vol.29, nº 2-4, 93-106.

Rasmussen, B.1996. Early-diagenetic REE-phosphate minerals (florencita, gorceixite, crandallite, and xenotime) in marine sandstones: a major sink for oceanic phosphorus. *Am.J.Sci*, 296, 601-632.

Reed, S.J.B. 2005. *Electron Microprobe Analysis and scanning Electron Microscopy in Geology*. Cambridge University Press, 189 pp.

Roca, E. 1992. *L'Estructura de la conca Catalano-Balear: paper de la compressió i de la distensió en la seva genesis*. Tesis Doctoral Universitat de Barcelona, 330 pp.

Roca, E. y Desegaulx, P., 1992: Analysis of the geological evolution and vertical movements in the Valencia trough area, western Mediterranean Mar. *Petrol. Geol.* 9, 167 - 185 .

Roca, E., Sans, M., Cabrera, L., Marzo, M., 1999. Oligocene to Middle Miocene evolution of the central Catalan margin (northwestern Mediterranean). *Tectonophysics*, 315, 209-233.

Schwab R. G., Herold H., Costa M. L. D., and Oliveira N. P. 1989. The formation of aluminous phosphates through lateritic weathering of rocks. *Weathering* 2, 369–386.

- Scott, K.M. 2000. Nomenclature of the alunite supergroup: Discussion. *The Canadian Mineralogist*, Vol.38, 1295-1297.
- Spalletti, L.A. & Lluch, J.J. 1972. The axial ratio C/B as an indicator of shape selective transportation. *SEPM Society for Sedimentary Geology*, vol.86, number 8.
- Spölt, C. 1990. Authigenic aluminium phosphate-sulphates in sandstones of the Mitterberg Formation, Northern Calcareous Alps, Austria. *Sedimentology*, 37, 837-845.
- Stendal, H. & Theobald, P.K. 1994. Heavy-mineral concentrates in geochemical exploration. In: HALE, M. & PLANT, J.A. (eds) *Drainage Geochemistry. Handbook of Exploration Geochemistry*, 6, 185-225.
- Stoffregen, R.E. & Alpers, C.N. 1987. Woodhouseite and svanbergite in hidrothermal ore deposits : products of apatite destruction during advanced argillic alteration. *The Canadian Mineralogist*, 25, 201-211.
- Stoffregen, R., Rye, M. Wasserman. 1994. Experimental studies of alunite: Part I, ^{18}O - ^{16}O and D-H fractionation factors between alunite and water at 250-450 degrees C. - *Geochim. et Cosmochim. Acta*, 58, 903-916
- Suárez Llobregat, C., 2003. *Estudi sobre l'optimització de la concentració d'or i minerals pesants amb concentradors del tipus KC-MD3 i KC-MD7.5*. Tesina. Escola Tècnica Superior d'Enginyers de Camins, Canals i Ports de Barcelona-Enginyeria Geològica, 87 pp.
- Taylor S. and Brownle D. E. 1991. Cosmic spherules in the geologic record. *Meteoritics*, 26, 203-211.
- Tomás, Ll. 1915. *Els Minerals de Catalunya*. Treballs de la Institució Catalana d'Història Natural. Publicacions de l'Institut de Ciències, vol: 1919-1920, 149-150.
- Townley, B.K., Hérail, G. et al., 2003. Golt grain morphology and composition as an exploration tool: application to gold exploration in covered terrain. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*, 3, 29-38.
- Vaquer, R., 1973. *El metamorfismo y las rocas plutónicas y filonianas de la Sierra de Collserola (Tibidabo)- Barcelona*. Tesis doctoral Universitat de Barcelona, 362 pp.
- Vieillard, P. et al., 1979. Stability fields of clays and aluminium phosphates parageneses in lateritic weathering of arcillaceous phosphatic sediments. *Am. Mineral*, 64, 626-634.
- Viladevall, M., Carmona, J.M., Font, X. 1999. Anàlisi de bases de dades per al desenvolupament de models metal·logènètics i econòmics, i criteris d'exploració de dipòsits d'or a l'Europa occidental (Projecte Mides). Aplicació a les serralades costaneres catalanes. III i IV *Trobades d'Estudiosos del Montseny*. Barcelona: Diputació de Barcelona. *Sevei de Parcs Naturals*, 239 pp.
- Viladevall, M. 2005. *La prospecció de placeres de oro i otros minerales densos*. Dep. de Geoquímica, Petrologia y Prospecció Geològica de U.B. Publicacions i Edicions U.B.
- Viladevall, M., Camacho, G., Marturia, J. & Ponce, JM. 1991. Los placeres auríferos de la llanura aluvial del río Segre y delta del río Ebro (NE de la Península Ibérica). *Actes du simposium international sur les gisements alluviaux d'or*. La Paz, Bolivia del 3 al 5 de junio (1991), 187-215.
- Virgili, C. et al., 1974. Alterations du soubassement de la couverture Permo-Triasique en Espagne. *Bull Groupe Franc. Argiles*, 26, 277-285.
- Wierchowicz, J. 2002. Morphology and chemistry of placer gold grains indicators of the origin of the placer sand example from the East Sudetic Foreland, Poland. *Acta Geologica Polonica*, 52, 563-576.

Youngson, J.H., Woperies, P., Kerr, L.C. & Craw, D. 2002. Au-Ag-Hg and Au-Agalloys in Nokomai and Nevis valley placers, Northern Southland, and Central Otago, New Zealand, and implications for placer-source relationships. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics*, 45, 53-69.

Zingg, Th., 1935. Beitrag Zur Schotteranalyse, Schweiz. *Mineralog. und Petrog. Mitt.*, Bd., vol. 15, 39-140.

Webs

www.mindat.org

www.handbookofmineralogy.org

www.bib.ub.edu/CRAI

www.icc.cat/vissir3

[www.mineral data publishing](http://www.mineraldatapublishing.com)

[www.webmineral](http://www.webmineral.com)

www.granadanatural.com

www.unalmed.edu

Mapas

Mapa geològic de Catalunya 1:250.000 - *Institut Cartogràfic de Catalunya/IGME (2006)*

Mapa geològic comarcal de Catalunya 1:50.000 - *Institut Cartogràfic de Catalunya/IGME (2006)*

06 (2005) Anoia

03 (2005) Alt Penedès

12 (2005) Baix Penedès

11 (2005) Baix Llobregat

17 (2005) Garraf

21 (2005) Maresme

34 (2006) Selva

40 (2005) Vallès Occidental

41 (2006) Vallès Oriental

Anexos

DVD con los contenidos citados en el texto de la tesis.