

Contribución al conocimiento de la biología y etología de la especie “*Apus apus*” (L. 1758)

José Domingo Rodríguez Teijeiro

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.tesisenxarxa.net) 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. No s'autoritza la presentació del seu contingut en una finestra o marc aliè a TDX (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.tesisenred.net) 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. No se autoriza la presentación de su contenido en una ventana o marco ajeno a TDR (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.tesisenxarxa.net) service 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 neither its spreading and availability from a site foreign to the TDX service. Introducing its content in a window or frame foreign to the TDX service is not authorized (framing). This 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.

DEPARTAMENTO DE ZOOLOGIA
FACULTAD DE BIOLOGIA
UNIVERSIDAD DE BARCELONA

"Contribución al conocimiento de la biología y etología de la especie
Apus apus (L. 1758)".



Memoria redactada para
optar al grado de Doc-
tor en Ciencias Bioló-
gicas presentada por -
el Licenciado José-Do-
mingo Rodríguez Teije-
ro.

VºBº del Director de la Memoria
Jacinto Nadal Puigdefàbregas, -
Catedrático de Zoología (Verte-
brados) de la Facultad de Biolo-
gía de la Universidad de Barce-
lona.

Barcelona, a ____ de _____ de _____

Agradecimientos:

En la confección de esta memoria ha habido gran cantidad de aportaciones de compañeros y profesores, no mentiría si dijera que la - casi totalidad de biólogos y personas con profesiones distintas a las - de la Biología tratadas, por el autor, en este tema, durante los 5 años que ha durado este trabajo han aportado algo al desarrollo del mismo.

Como siempre hay personas que se recuerdan más que otras por el trato más continuado y por lo tanto, por el número de consultas y discusiones más elevado. Entre todas estas personas queremos agradecer:

a la Sra. Enriqueta Teijeiro Veiga, Sra. Laura del Aguila González, Srta. Enriqueta Rodríguez Teijeiro y al Sr. Alberto Casulleras Pont por su ayuda en la confección de las gráficas y escritura a máquina de esta memoria , por su ayuda en el mantenimientos de los aparatos y el control de los mismo y en las salidas al campo.

al Sr. Manuel Rodríguez Prieto y al Sr. Francisco Calvó Renter por permitir la instalación de las cajas en sus respectivas casas, así como darnos todas las facilidades para poder trabajar en ellas.

al Sr. Juan García Martínez por el diseño y puesta a punto de la parte electromecánica.

a todos los compañeros de la Cátedra de Zoología (Vertebrados) en especial al Dr. Joaquim Gosàlbez Noguera y al Dr. Adrià Casinos Pardos por su ayuda en algunas discusiones de los temas de esta Tesis y por brindarme el primero un lugar en su despacho del Museu de Zoologia para poder escribir este manuscrito, también agradezco a la Dra. Marina Blas y al Dr. Carles Ribera de la Cátedra de Zoología (Invertebrados) - por enseñarme las técnicas de escalada y ayudarme a llegar a los nidos de *Apus apus* y *Apus pallidus* en las cornisas del acantilado de Garraf.

al Dr. Ramón Fontarnau del servei de Microscòpia electrònica de la Universitat por su ayuda en la preparación y observación al microscopio de barrido de muestras de plumas.

al servicio de Meteorología por cederme los datos que apare



cen en esta memoria y a Luis Vázquez López por resolverme algunas dudas sobre este tema.

al Dr. Antoni Escarré Esteve de la Cátedra de Ecología por introducirme en el campo de la informática.

al Dr. Luis Solé Sugrañes y al Sr. Mauricio Wagensberg Lubinski y a la Dra. Marta Estrada Miyares por brindarme su ayuda en la parte que hace referencia a los ritmos biológicos y además a la última por realizar una revisión crítica de esta parte en la memoria.

a los Sres. Secundino Gallego Gallego y Pedro Cordero Tapia por su aportación de citas y por su ayuda en las salidas a recoger material.

y en especial al Dr. Jacinto Nadal Puigdefábregas por acogermene en su Cátedra después de terminada la Tesina y poner a mi alcance tanto los medios necesarios para la elaboración de esta memoria como sus conocimientos y crítica en la dirección de la misma.

INDICE

Agradecimientos	1
1.- Introducción	7
1.1.- Plan de trabajo	16
2.- Metodología	19
2.1.- Zonas de estudio	19
2.2.- Técnicas de captura	19
2.3.- Medidas	21
2.3.1.- Medidas de los huevos	21
2.3.2.- Medidas tomadas a los ejemplares adultos	21
2.3.3.- Medidas tomadas a los ejemplares jóvenes	22
2.3.3.1. Medidas del peso durante el crecimiento	23
2.4. Ritmos	25
2.4.1.-Características de las series	25
2.4.2.- Análisis espectral	27
2.4.3.- Ventanas de desfasaje y ventanas espectrales	29
2.5.- Tests y fórmulas estadísticas empleadas	32
2.6.- Descripción de los lugares de nidificación y de las ca jas anideras	44
2.6.1.- Descripción del esquema de bloques	47
2.6.2.- Descripción y funcionamiento de la parte interior de la caja (conmutador)	50
2.6.2.1.- Posición de equilibrio	50
2.6.2.2.- Posición de salida	50
2.6.2.3.- Posición de entrada	53
2.6.3.- Descripción y funcionamiento de la parte externa de la caja	53
2.6.4.- Descripción de la metodología de la observación en el interior de los nidos	55
3.- Resultados de las actividades diarias en los lugares de cría	57
3.1.- Actividades diarias durante el año 1975	57

3.1.1.- Período I o preincubatorio	60
3.1.2.- Período II o incubatorio	64
3.1.3.- Período III o de crianza	70
3.1.3.1.- Subperíodo 1º	74
3.1.3.2.- Subperíodo 2º	75
3.1.3.3.- Subperíodo 3º	77
3.1.4.- Actividades en los lugares de nidificación de vencejos no criadores	82
3.1.5.- Variables climatológicas	87
3.2.- Actividades diarias durante el año 1976	124
3.2.1.- Período I o preincubatorio	125
3.2.2.- Período II o incubatorio	129
3.2.3.- Período III o de crianza	138
3.2.3.1.- Subperíodo 1º	143
3.2.3.2.- Subperíodo 2º	145
3.2.3.3.- Subperíodo 3º	147
3.2.4.- Actividades en los lugares de nidificación de vencejos no criadores	153
3.2.5.- Variables climatológicas	156
3.3.- Actividades diarias durante el año 1977	205
3.3.1.- Período I o preincubatorio	206
3.3.2.- Período II o incubatorio	209
3.3.3.- Período III o de crianza	216
3.3.3.1.- Subperíodo 1º	220
3.3.3.2.- Subperíodo 2º	222
3.3.3.3.- Subperíodo 3º	223
3.3.4.- Variables climatológicas	231
3.4.- Actividades diarias durante el año 1978	287
3.4.1.- Período I o preincubatorio	288
3.4.2.- Período II o incubatorio	291
3.4.3.- Período III o de crianza	299
3.4.3.1.- Subperíodo 1º	301

3.4.3.2.- Subperíodo 2º	303
3.4.3.3.- Subperíodo 3º	304
3.4.4.- Variables climatológicas	311
4.- Discusión y conclusiones	363
4.0.- Características de los años desde el punto de vista climatológico	363
4.1.- Primera salida	369
4.2.- Última entrada	379
4.3.- Patrón de actividad del período I o de prepuesta	398
4.3.1.- Estudio de las variables de actividad	399
4.3.2.- Estudio de la ritmicidad	404
4.4.- Período II o de incubación	412
4.4.1.- Momento de la puesta	412
4.4.2.- Tamaño de la puesta	415
4.4.3.- Período de incubación	417
4.4.4.- Patrón de actividad del período II o de incuba ción	422
4.4.4.1.- Patrón de actividad para la pareja de la caja nº 2	423
4.4.4.2.- Patrón de actividades para las parejas - de las cajas nº 3, 4 y 5	424
4.4.5.- Estudio de las variables de actividad	435
4.4.6.- Estudio de la ritmicidad	436
4.5.- Período III o de cría	449
4.5.1.- Tasas de supervivencia	450
4.5.2.- Incremento del peso de los pollos	454
4.5.3.- Crecimiento de las alas	464
4.5.4.- Plumón natal y tractos de plumas en el joven y volantón	479
4.5.5.- Estudio de las variables de actividad	484
4.5.6.- Patrón de actividad del período III o de crian za	484

4.5.6.1.- Patrón de actividad para el subperíodo 1º ..	487
4.5.6.2.- Patrón de actividad para el subperíodo 2º ..	490
4.5.6.3.- Patrón de actividad para el subperíodo 3º ..	494
4.5.7.- Estudio de la ritmicidad	504
4.6.- Relación de las variables de actividad con las variables atmosféricas	514
4.6.1.- Relación con las variables del período I o de prepuesta	521
4.6.2.- Relación con las variables del período II o - de incubación	550
4.6.3.- Relación con las variables del período III o de crianza	562
5.- Conclusiones	590
6.- Bibliografía	600

1.- INTRODUCCION

Al tratar en este estudio de una sola especie, Apus apus dentro del grupo de los Apodiformes, hemos considerado oportuno dar una - visión de todos los campos en que se ha trabajado, haciendo hincapié en aquéllos tratados en esta memoria.

La especie A. apus, subespecie apus, pertenece a la tribu - Apodini, que se caracteriza porque las especies comprendidas en ella presentan pamprodactilia (cuatro dedos de las patas dirigidos hacia delante), un proceso transpalatino muy desarrollado, tamaño variable, alas - algunas veces muy largas con primarias poco anchas (caso del vencejo común), cola usualmente ahorquillada pero sin espinas, patrones de color variable y saliva pegajosa para la construcción de nidos, que están hechos de materiales blandos y plumas situados en agujeros de las rocas o unidos a las ramas de los árboles. Esta tribu se encuentra dentro de la subfamilia Apodinae, incluida en la familia Apodidae (Brook 1970).

Brook (1970) hace un resumen de las distintas opiniones acerca de las afinidades de este grupo de aves, que comprende 83 especies, con otros grupos, llegando a la conclusión de que su relación con los - Trochili (colibries) está cada vez menos apoyada y que hay un resurgimiento de la opinión que los relaciona con los Caprimulgi, aunque no se ha encontrado ninguna evidencia sobre esto último.

Un estudio sistemático sobre el género Apus se ha llevado a cabo por Lack 1956, llegando a la conclusión de que la determinación correcta de las distintas especies de Apus es difícil, dado que su estrecha adaptación a la vida aérea provoca diferencias insignificantes. Reconoce 10 a 12 especies y 44-46 subespecies en todo el mundo.

La especie que se estudia en esta memoria ha adquirido la - costumbre de nidificar en los centros urbanos y en este sentido la modificación del medio por el hombre le ha permitido un mayor número de lugares de cría y por lo tanto un incremento en el número de individuos. Los lugares de nidificación son generalmente inaccesibles, lo que ha contribuido a la conservación de la especie y a que su biología no haya sido

do muy estudiada, comparada con las de otras especies de mas fácil acceso a los lugares de nidificación.

Destacan en el estudio de la biología tres investigadores, uno construyó cajas anideras cuyo interior podía ver desde su casa (Oltingen, Suiza) que fueron adoptadas por vencejos y que estudió durante - 10 años consecutivos (Weitnauer 1947), otro utilizó el mismo método, colocando las cajas a continuación de los agujeros de respiración de la - torre del Museo de la Universidad de Oxford (Inglaterra) y estudió du- rante 5 años seguidos su biología (D y E Lack 1951, 1952) (a lo largo - de esta memoria las referencias a estos dos investigadores son innumera- bles) y Klüz (1950) que los estudió durante 14 años en una colonia que nidificaba en una escuela de Lazne Belohrad (NE-Bohemia), pero debido a que su trabajo está escrito en checo no nos ha sido posible su traduc- ción, basándonos exclusivamente en el amplio resumen en inglés. Otro investigador, Koskimies (1951) ha recopilado los datos, que se habían pu- blicado hasta la fecha, de la biología, además de sus datos tomados en Finlandia (sus datos no son tan exhaustivos como los de los otros tres).

Los vencejos debido a su dependencia total al medio aéreo, sobre todo en lo que se refiere a la alimentación (además beben, copulan y pasan la mayor parte del día en él) han desarrollado entre otras, dos adaptaciones peculiares para evitar las consecuencias nefastas que acarrearía una falta de alimento prolongada por condiciones de tiempo at- mosférico adversas, una de ellas es la fuga ciclónica (nombre dado por - Bernis 1970 a lo que los ingleses llaman summer movements) y la otra el aletargamiento facultativo.

Tanto una como otra han sido extensamente estudiadas por Kos- kimies (1947, 1951, 1961) y la última también ha sido estudiada por Kes- kipaik (1973).

Koskimies (1947, 1951) confirmó con los primeros estudios - exhaustivos, que las fugas ciclónicas (summer movements) realizadas por gran cantidad de vencejos fuera de las fechas de migración y la apari- ción en gran número, en lugares donde no era usual encontrarlos, se de-

ben a reacciones de vuelo contra tiempo adverso para la alimentación. Postuló que ocurrían en el sector sureste de una área ciclónica aproximándose a los lugares de cría y que, volando contra el viento, se mueven hacia el sector Sur caliente (reinan condiciones favorables para la alimentación), evitando o pasando rápidamente a través de la zona lluviosa. Svärdson (1951) citado en Lack (1955) mostró que todas las fugas ciclónicas registradas sobre Öland en Suecia entre 1947 y 1949 tienen lugar durante el paso de una área ciclónica, usualmente el día después llueve en Suecia y ocasionalmente en el Sur de Finlandia (no menciona el sector sureste). Todo ocurre contra el viento, pero la dirección era ligeramente modificada por la tendencia a seguir una línea de costa. Todos salvo uno ocurrieron hacia el Sur y en esa excepción, el área ciclónica se movía inesperadamente hacia el Noroeste desde Polonia, causando un viento del Norte sobre Öland y por lo tanto las aves volaron al Norte contra él, alejándose del centro del área ciclónica.

Lack (1955) encuentra en un trabajo de recopilación de citas de estos movimientos, que también se dan en Inglaterra las mismas condiciones, pero que muchos de ellos fueron vistos en el sector Sur del área ciclónica.

Lack (1958 b), con datos recogidos entre los años 1955 y 1957 encuentra, que los vuelos hacia el Sur o Suroeste en el verano están correlacionados con el paso de un área ciclónica al Norte del área de observación.

Estas fugas ciclónicas han sido también comentadas por Marchant (1966) en el Sur de Nigeria durante los meses de grandes lluvias (Octubre/Noviembre y Marzo/Abril) y también se han establecido en otra especie de vencejo de Norteamérica, Nephroceter niger borealis, por Urdy (1954) y en Delichon urbica por Voipio (1970).

Koskimies (1951 y 1961) realiza estudios fisiológicos sobre la hipotermia en estas aves, tanto en jóvenes como en adultos. Emplea el término de aletargamiento facultativo frente al frío. De sus estudios llega a las siguientes conclusiones:

1º) Los jóvenes del vencejo son capaces de sobrevivir sin alimento una media de 9, incluso 12 días, mientras que la capacidad de ayuno en los adultos es más pequeña.

2º) El ayuno tiene lugar a expensas principalmente de grandes depósitos de grasa que acumulan durante el período de nidificación. Durante el ayuno el joven puede utilizar más de la mitad de su peso total.

3º) El crecimiento del plumaje evidentemente continúa durante el ayuno.

4º) Durante el ayuno los vencejos entran en un estado de torpor en el que la temperatura del cuerpo desciende hasta alcanzar la del medio ambiente y después sigue las fluctuaciones de éste.

Koskimies (1961) encuentra en otoño de 1957, año de condiciones atmosféricas muy desfavorables a vencejos adultos en estado de hipotermia durante la noche, o sea, que la capacidad de aletargamiento no está restringida únicamente a los jóvenes, lo que les sirve para descender, durante el descanso, el gasto energético al mínimo y por lo tanto aumentar la capacidad de supervivencia en condiciones de falta de alimento.

Keskaik (1973) estudia el desarrollo ontogenético del ciclo del aletargamiento y encuentra que la capacidad de entrar en torpor se desarrolla gradualmente durante los primeros estadios de la vida postnatal en los pollos. Cuando los pollos alcanzan los 13-15 días de vida, el ciclo de aletargamiento está formado completamente, ellos mismos entran en un estado de aletargamiento, regulan el nivel de temperatura de su cuerpo y salen de este estado por ellos mismos.

Datos sobre aletargamiento de este tipo también han sido dados en colibríes durante la incubación (F. Trochilidae) (Calder y Booser 1973) y de aletargamiento invernal en Phalaenoptilus nuttalli (F. Caprimulgidae) (Jaeger 1947 de Scortecci 1968). Estas dos familias, como hemos comentado al principio de esta introducción, se encuentran muy relacionadas con los vencejos.

Además de estas adaptaciones, destaca una costumbre, conocida

da desde hace mucho tiempo, pasar la noche en vuelo. Este hecho fue notado por primera vez por Spallanzani (Scortecci 1968) que lanzó la hipótesis de que los vencejos pernoctan en altísimos estratos de la atmósfera. Guérin aportó una prueba de veracidad a la hipótesis anterior cuando al llevar a cabo una misión aérea durante la primera guerra mundial, llegó con su aparato hasta los 4500 mts. de altura, voló con los motores apagados durante algún tiempo a 3000 mts. y cuando estaba a esta altura se encontró con una bandada de aves que permanecían inmóviles o al menos sin reacciones aparentes, se hallaban muy diseminadas y eran perfectamente visibles, dos aves rozaron por dos veces el avión y a la mañana siguiente encontraron un vencejo macho en la carlinga (Scortecci 1968). Gustafson y col. (1977) mediante un nuevo altímetro estudiaron las altitudes de vuelo de los vencejos en el Sur de Suecia y las conclusiones a las que llegaron son que los 9 vencejos liberados por la noche alcanzaron alturas más elevadas (2700 mts. de media) que los 5 liberados por la mañana (1700 mts. de media). La altura máxima alcanzada en 50 vuelos controlados en buen tiempo fue de 3600 mts. Mitchell (1956) observó vuelos entre 200 y 1700 mts. Bruderer y Weitnauer (1972) encuentran que la altura de los vuelos nocturnos oscila entre los 700 y 2800 mts. estando la moda en 1200 mts.

Weitnauer (1947) colocó unos registradores automáticos en las entradas de los nidos y no obtuvo ni entradas ni salidas de vencejos durante la noche, a idénticas conclusiones llega Lack (1973) y nosotros (Rodríguez-Teijeiro 1975).

Graaf (1947) estudió con detalle los movimientos nocturnos, observando que antes de ascender realizan una serie de acciones cooperativas; tiene la impresión después de observar 30 crepúsculos que los vuelos nocturnos forman una complejidad de movimientos que tienen relación entre sí y que señalan el propio vuelo de altura, ahora bien, no todos los movimientos se dan todas las noches. A los distintos movimientos les da nombres y así cita un vuelo en Kris-Kras, Uitzwermen, Carousselvlicht, vuelo de distancia sin observar subida, formación de algunos centros de

vuelo, Hooglevlucht (vuelo de altura). Los vuelos de altura se incrementan a partir de la tercera semana de estancia en el lugar de cría. Observa también como algunos individuos desertan del vuelo de altura y se dirigen a los nidos penetrando en su interior. Finalmente realiza una crítica de las teorías dadas hasta entonces para explicar el fenómeno, pero la falta de información de la biología de las aves le impide llegar a una conclusión. Su opinión es que parte de los individuos permanecen en el aire durante la noche debido a un fenómeno psicológico de ascender al anochecer, este "instinto" es contrario al sexual. En un artículo publicado más tarde Graaf (1950) y después de la publicación de la biología de la especie por Weitnauer (1947), llega a la conclusión de que en los vuelos crepusculares participan jóvenes de 1 año de edad no criadores, permanecen toda la noche en el cielo y descienden al amanecer. Tan pronto como los jóvenes del año han volado de los nidos, éstos o las aves adultas (probablemente ambos) se unen a los vuelos nocturnos y crepusculares. Observó también, al igual que otros investigadores (Weitnauer 1947 y observaciones nuestras) que al amanecer los vencejos aparecen como puntos en el cielo a gran altura mientras que en las regiones bajas no se observa ninguno.

Todos los estudios anteriores no son concluyentes, ya que no descartan por entero la posibilidad de que las aves se dirijan a lugares específicos para pasar la noche, lejos de los lugares de cría. De hecho la observación de aves pasando la noche en lugares poco acostumbrados (ramas de árboles, paredes verticales, etc.) aunque pocas, dan algo de apoyo a la posibilidad citada anteriormente. Solamente los trabajos de Weitnauer (1954, 1956) y Bruderer y Weitnauer (1972) aportan datos concluyentes sobre este aspecto. Se utilizó de forma combinada el radar y un avión para seguir a los vencejos durante la noche; una vez localizados con el radar, ascendían con el avión y en una ocasión observaron 6 vencejos. El seguimiento con el radar se realizó durante toda la noche. También comprobó que los movimientos del grupo se podían poner en relación con las condiciones del tiempo atmosférico (se alejaban de una tormenta). Bruderer y Weitnauer (1972) siguieron a unos vencejos en

vuelo diurno y 200 en vuelo nocturno; gracias al radar pudieron registrar las frecuencias de batida de las alas y los trayectos que seguían. Las fases de batida se dan con un intervalo de 1 a 6 seg. y las de reposo - de 0,5 a 5 seg.; la frecuencia de batida era de 6 a 8 Hertz. La velocidad de vuelo de los individuos durante la noche era del orden de 23 Km/h (en los migradores era de 40 Km/h). Los datos acumulados por estos investigadores muestran que los vencejos pueden pasar la noche volando tan to en buen como en mal tiempo.

Si tenemos en cuenta que al aumentar en altura la presión atmosférica disminuye y se produce un descenso en la presión parcial del O_2 que lleva como consecuencia una disminución en la saturación de la sangre por ese gas (Langley 1973) y si además la acción de elevarse a grandes alturas (sobre todo al anochecer Gustafson y col 1977) es una característica típica en la actividad de estas aves, tendría que haber una serie de adaptaciones fisiológicas que les permitieran superar estas condiciones de hipoxia. Para estudiar estas adaptaciones fisiológicas - realizamos un estudio hematorespiratorio (Palomeque et al. 1980) en colaboración con la Cátedra de Fisiología animal en el que encontramos que los valores de la afinidad de oxígeno por la hemoglobina son similares a aquéllos que presentan las aves que viven a más de 2500 mts. de altitud, lo que representaría una adaptación homeostática mediante una poli citemia. El P_{50} (valor contrario al de la afinidad de la sangre por el O_2) muestra unos valores que están por debajo del grupo Passeriformes y puede ser visto como una adaptación a las condiciones de hipoxia durante los vuelos a altitudes considerables.

Los vuelos hacia el mar son otra característica en el reper torio de movimientos que tiene esta especie. Lack (1956, 1958a y 1958b) los observó y los describió de esta forma: Los vencejos se concentran, cerca de la costa, en lugares donde se alimentan y cuando el crepúsculo está muy avanzado se elevan y se dirigen en línea recta hacia el mar - perdiéndose de vista en esta dirección. Estos movimientos se realizan - tanto en buen tiempo como en mal tiempo. La partida de aves mar adentro

se realiza en grupos pequeños. La observación al amanecer (Lack 1958b) le permitió comprobar el regreso de los vencejos desde el mar en número comparable al que se había ido en la noche anterior. Esta llegada desde el mar se produce desde 10 min. antes del amanecer hasta alrededor de una hora después y sugiere que el adentramiento sobre el mar alcanza una amplitud que va desde muy cerca de la costa hasta 95 Km. de distancia. Esto y el hecho de que grupos de 50 a 200 aves en círculos vistos al anochecer hacia el mar no se repetían al amanecer sugiere que los grupos se separan pronto, después de pasar sobre el mar, en orden a evitar alguna colisión en la oscuridad (Lack 1958b).

Se han realizado una serie de estudios de orientación sobre esta especie (Fiaschi y col 1974, Gustafson y col. 1977 y Spaepen y Dachy 1952) cuyos resultados más destacables son: No se contradice la suposición de que las aves se orientan por su vista recordando la topografía (Gustafson y col, 1977). Fiaschi y col. (1974) encuentran que las aves privadas de olfato no regresan al nido y por lo tanto se defiende la hipótesis de que el olfato está envuelto en el mecanismo de la orientación, sin embargo el regreso al lugar del nido desde distancias superiores a 250 Km. (Spaepen y Dachy 1952) hace suponer que las aves poseen dos mecanismos de orientación, uno que guiaría a las aves a través de grandes distancias hasta el área cercana al nido y el otro, basado en el olfato, serviría para localizar con precisión el lugar del nido (Fiaschi y col. 1974).

También se han realizado estudios concernientes a las características aerodinámicas de estas aves, así como a la descripción de ciertos movimientos de vuelo (Ohme 1968a y 1968b).

Finalmente se han llevado a cabo estudios sobre las actividades diarias de estas aves y es la parte menos tratada en la bibliografía consultada. D y E Lack (1951 y 1952) y Lack (1973) dan algunos datos de la actividad durante los periodos de incubación y cría, al igual que Weitnauer (1947) pero éstos son muy limitados. Koskimies (1951) intenta obtener datos a partir de un mecanismo electromecánico pero las aves abandonan el nido a los tres días del funcionamiento de dicho meca-

nismo. Weitnauer (1947) utiliza un mecanismo automático que le indica - la entrada y salida de las aves del nido, pero sólo lo emplea para comprobar si hay actividad nocturna. El autor de este trabajo, mediante un sistema electromecánico (utilizado también esta memoria) obtiene los - primeros resultados de las actividades diarias de dos parejas de vencejos y demuestra la objetividad y utilidad del sistema empleado (Rodríguez-Teijeiro 1975).

Algunos aspectos de la actividad han sido intensamente tratados por una serie de investigadores como son los momentos en que se - producen la primera salida y la última entrada. Destacan en este campo Haartman (1949) y Scheer (1949) por la elaboración de resultados a partir de una serie larga de observaciones, otros investigadores dan datos puntuales o de pocos días (Daanje 1944, Graag 1947, Bernis 1951, Koskimies 1951, D y E Lack 1951 y Weitnauer 1947). Los dos primeros ponen de relieve la importancia de la latitud en estas actividades y por consiguiente era interesante ampliar el marco de la latitud para las mismas.



1.1. Plan de trabajo

En la introducción se han expuesto los conocimientos que se tenían en aquella fecha de estas aves. Teniendo en cuenta esto, planteamos en nuestro estudio aquellos aspectos en que su conocimiento era más escaso, tanto para esta especie como en relación a las actividades de las aves como grupo.

De las observaciones se han extraído citas o conductas que no se han introducido en esta memoria y que abarcan ciertos problemas planteados en la introducción. No hemos estudiado exhaustivamente las fugas ciclónicas, pero sin embargo, tenemos citas del descenso del número de vencejos en las ciudades durante tiempo intempestivo, lo que podría señalarnos que en nuestras latitudes existen también dichas fugas. En cuanto a los vuelos hacia el mar, nuestras observaciones, realizadas entre 1979 y 1980 al anochecer, (100 en total) nos mostraron que en el 66% de los días se observaron dichos movimientos, mientras que en el 29% no.

Aparte de estas observaciones que podríamos llamar accidentales en el contexto del presente estudio, planteamos abordar tres aspectos:

A) Biología de la especie. En nuestras latitudes, excepto algunos datos ocasionales, no hay un trabajo sobre este tema y siendo la zona a estudiar más cercana al límite sur del área de cría de las hasta el momento controladas, permitirá realizar un estudio comparado con datos de latitudes superiores y podrá ampliar, apoyar o rechazar algunas de las reglas generales dadas hasta el momento.

B) Actividades con respecto a los nidos. Como ya hemos comentado en la introducción es el aspecto menos tratado. En el grupo de las Aves no son muy abundantes los resultados sobre este tema y casi siempre se han llevado a cabo durante la época de incubación, pues es cuando los adultos están localizados (se utiliza como control termistores en el interior de huevos sintéticos). Estudios sobre este aspecto son los de Calder (1973 y 1975) con colibríes (Calipte anna, C. costae, Selasphorus platycercus, Stellula calliope, Cyananthus latirostris y Ar-

chilochus alexandri), Derksen (1977) y Spurr (1978) sobre el pájaro bobo de Adelia (Pygoscelis adeliae), Haartman (1958) sobre el papamoscas cerrojillo (Ficedula hypoleuca), Purdue (1976) sobre el chorlito negro (Charadrius alexandrinus) y Siegfried (1976) sobre unas especies de patos de Norteamérica (Oxyura jamaicensis y O. maccoa). Finlay (1976) sobre la golondrina purpúrea (Progne subis) y Kluijver (1950) sobre el carbonero común (Farus major), dos especies que nidifican en cajas-nido, hicieron los estudios de la actividad con mecanismos electromecánicos.

Además, A. apus presentaba una serie de puntos de interés que en las especies tratadas hasta el momento (que nosotros tengamos conocimiento) no los poseían. Estos puntos son:

1º La pareja ocupa el nido inmediatamente después de su llegada de los cuarteles de invierno y por lo tanto puede ser controlada.

2º Las parejas no criadoras adultas mantienen la ocupación del nido igualmente y se podía estudiar su actividad.

3º Si la cría muere o los huevos no eclosionan las parejas siguen ocupando el nido posteriormente y por lo tanto podemos estudiar si su actividad se modifica y en que grado.

4º Los vencejos presentan un patrón de incubación bisexual (modelo primario) y todos los trabajos que hemos recogido son sobre especies con patrón de incubación intermitente, (modelo secundario) (White y Kinney 1974) a excepción de Pygoscelis adeliae que presenta un modelo primario, pero en el que cada sexo está varios días seguidos incubando antes de ser sustituido por el otro componente de la pareja (Van Tyne y Berger 1976) y Progne subis en el que aunque presenta un modelo primario no se ha hecho un estudio de la actividad en sí.

Además nos permitirá estudiar la distribución del tiempo durante la incubación, cuánto tiempo dedica a la incubación propiamente dicha, cuanto a alimentación, etc. ¿Cómo se distribuyen estas funciones? Que factores influyen en la variación intraespecífica del intervalo de incubación (aspectos muy poco tratados en todo el grupo de Aves).

5º Existe una diferencia bastante acusada en cuanto a la

actividad se refiere, entre los individuos no maduros sexualmente y los que si lo son (visto con anterioridad en la introducción) y por lo tanto podremos estudiar si esta diferencia se mantiene en relación con las cajas-nido.

Los datos de la actividad nos permitirán estudiar ritmicidades con las aves en libertad, siendo hasta el momento un tema que sólo se ha tratado con series de datos tomados de aves en cautividad.

C) Relación con las variables meteorológicas. Los datos que se obtengan por el sistema electromecánico se pueden agrupar en seis variables (tiempo que los dos vencejos están dentro del nido T_{2D} , tiempo que están fuera T_{2F} , tiempo que uno está dentro y el otro fuera T_{F-D} , número de salidas NS, primera salida 1ªS y última entrada UE) y se utilizarán para realizar un estudio cuantitativo de relación con las variables atmosféricas. Anteriormente, Scheer (1949) relacionó el momento en que se produce la primera salida con las condiciones atmosféricas reinantes, Koskimies (1951) hizo lo mismo con la primera salida, la última entrada y el número de alimentaciones a los pollos con los datos publicados por Weitnauer (1947) y D y E Lack (1951) relacionó el aumento del peso de la pollada (semejante al número de entradas) con las variables atmosféricas. La intención que tendrá el realizar este último estudio es materializar las variaciones de la actividad de las parejas nidificadoras en nuestras latitudes al quedarse en los lugares de cría con tiempo inclemente y por lo tanto, con falta de alimento (recordemos que en la fuga ciclónica toman parte mayoritariamente individuos no reproductores (Koskimies 1951 y Lack 1973)).

2.- Metodología

2.1.- Zonas de estudio

Los ejemplares adultos que se han capturado para obtener los datos del peso y de las medidas externas del cuerpo para este estudio (también hemos recócido medidas craneométricas y del esqueleto post craneal y medidas de órganos internos que no hemos utilizado en esta memoria) corresponden a la provincia de Barcelona. Las localidades visitadas con éxito fueron Rubí (a.25 Km. de Barcelona y 400 mts. de altitud), Garraf (acantilado a 40 Km. de Barcelona y a 130 mts. de altitud), San Quirico de Safaja (Iglesia a 800 mts de altitud y 48 Km. de Barcelona) y en la ciudad, en dos barrios, casco antiguo (donde se ha llevado a cabo el estudio de las actividades) y en el Pueblo Nuevo (en un hangar de la estación de ferrocarriles).

Se visitaron otros pueblos en un radio de 30 Km., sobretodo sus iglesias y aunque había nidificación, dificultades de tipo burocrático nos impidieron capturar las aves y estudiar sus nidos.

2.2.- Técnicas de captura

Utilizamos varias técnicas pero sólo dos nos dieron resultados.

Una de ellas consistía en abatirlos con escopeta (cartuchos de 9 mm.). Nos situabamos en las afueras del pueblo (se llevó a cabo sobretodo en Rubí) en un lugar elevado, cerca del recorrido que las aves realizan desde las zonas de nidificación a los campos de alimentación. Hacia las 8 ó las 9 de la mañana inician este movimiento cuyas características son: vuelo de crucero, en línea recta y pasan en bastante número; todas ellas son condiciones óptimas para poderlos abatir. Una vez alcanzados los congelabamos hasta llegar al laboratorio donde los mediamos y los pesabamos.

La otra técnica consistía en llegar a los lugares de nidificación, de esta forma conseguíamos dos propósitos, por un lado, obtener ejemplares vivos y no heridos (necesarios para ciertos trabajos fi

siológicos Palomeque, Rodríguez, Palacios y Planas (en prensa)) y por otro obtener datos de los lugares de cría, del nido, de los huevos y de los pollos. El llegar a los nidos representaba la mayoría de las veces utilizar técnicas de escalada. Una vez en el agujero de entrada, si éste lo permitía, introducíamos la mano (cosa que en Apus apus es difícil) y los cogíamos en el interior. Toda esta actividad la teníamos que desarrollar en horas del crepúsculo vespertino pues es el momento en que con mayor probabilidad ya están en el interior, si no podíamos introducir la mano colocábamos liga en tiras cortas de esparto que dejábamos en posición perpendicular al plano de la pared que contenía el nido; - cuando los vencejos intentaban entrar en él, la liga se unía a las plumas de las alas impidiéndoles el vuelo y caían al suelo. Esta última actividad la hacíamos hacia la tarde durante el transcurso del primer mes de estancia de los vencejos en nuestras latitudes (como veremos más adelante durante el período I) y los ejemplares caían cuando intentaban entrar al anochecer para pasar la noche en el nido.

Otra técnica utilizada fue la dada en Rodero (1955) que - consistía en lanzar al aire trozos de papel con un agujero en el centro de unos 2 ó 3 cm. de diámetro. El ave se lanza hacia ellos e introduce la cabeza en el agujero, el papel se adapta al cuerpo por la - velocidad del vuelo e impide el movimiento de las alas, cayendo a tierra; aunque las veces que lo probamos observamos que los vencejos se acercaban mucho a ellos, nunca llegaron a introducirse en el agujero del papel, sin embargo, Gallego S. lo utilizó con éxito en 1938.

Por último, utilizamos otra técnica que consistía en poner una red (tipo cazamariposas de 1 mt. Ø) interceptando el itinerario de las bandas de vencejos que se forman alrededor de los lugares de cría, pero nunca conseguimos capturarlos, ahora bien, si se coloca esta red cerca del agujero del nido interceptando el recorrido cuando el ave sale, si que se captura porque el ave, al salir, tiene que caer antes de que las alas queden "liberadas" del agujero y pueda batirlas, siendo en esta caída donde no puede maniobrar (por falta de velocidad) para evitar

la red.

2.3.- Medidas

2.3.1.- Medidas de los huevos

Marcamos los huevos a medida que la hembra los iba poniendo con bolígrafo o lápiz y tomamos las dos medidas clásicas que son: el diámetro mayor (D_M) y el diámetro menor (D_m) (figura 2.3.1.1) con un pie de rey (marca LSG); la medida se alcanzaba cuando el huevo quedaba sujeto por aquél. El peso se tomó entre el primer y segundo día después de la puesta, con una pesola de 10 gr. (marca Precisa).

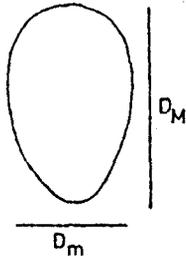


Figura 2.3.1.1.

2.3.2.- Medidas tomadas a los ejemplares adultos

Las medidas que se tomaron fueron las siguientes:

Longitud del ala.- Se tomó con compás y con regla. La medida va desde el vértice flexor (si es con compás se apoya una punta delante de aquel y si es con regla se pone el vértice en el punto cero) hasta el extremo de la primaria más larga (si es con compás se pone la otra punta justo en la parte más externa de la pluma y si se mide con la regla se hace lo mismo). Cuando se tomaba la medida con el compás (generalmente ejemplares vivos, pollos) se hacía con el ave quieta en la mano y sin modificar la posición del ala, mientras que si se hace con regla (animales muertos) se modifica la posición del ala enderezándola a lo largo de la regla, por lo tanto, las dos medidas no son iguales (la regla da una medida mayor). El motivo de utilizar el compás se debía a que las medidas del estandarte, cañon y longitud de la mano sólo se pueden tomar con compás y de esta forma uniformizábamos todas las medidas. La regla es el utensilio clásico en la medida de la longitud del ala y nos serviría para comparar medidas con otros autores.

Longitud de la pata.- La medida va desde el talón hasta la base del dedo medio. Se tomó con compás, colocando una punta adosada al talón y la otra en la base del dedo.

Longitud del pico.- La medida va desde el extremo anterior de la ranfoteca de la maxila hasta el extremo posterior de los orificios nasales. La medida se tomó con compás.

Longitud del dedo.- Se trata de una medida difícil de tomar, - pues era engorroso mantener el dedo estirado, de todas formas una vez el dedo estaba estirado se tomaba por la parte superior desde su base hasta el extremo de la uña; aunque la uña es un elemento que puede desgastarse, el poco uso que hace esta ave de las patas permite suponer - que el desgaste es muy pequeño y por lo tanto la variación inapreciable.

Peso.- Utilizamos para esta medida una pesola de 50 gr. (± 2 gr.) (marca Precisa).

2.3.3.- Medidas tomadas a los ejemplares jóvenes

Tomamos todas las medidas citadas para los adultos y además la longitud cabeza-cola, medida que no hemos utilizado por presentar - bastante variación, sobre todo debido a que cuando habían sido recién alimentados mantenían el cuello estirado por la bola de alimento que - se encontraba en la faringe, distorsionando la medida.

El momento del día en que realizamos las medidas dependía de dos factores: en primer lugar, de la actividad de los adultos que, - como veremos, se ausentaban del nido entre el mediodía y la medianoche y en segundo lugar de las propias limitaciones de tiempo del autor, al tener que compartir este estudio con las actividades docentes. En varios casos nos fue imposible tomar las medidas los dos o tres días después del nacimiento, pues los adultos estaban constantemente en el nido. Según D y E Lack (1951), las medidas deberían tomarse a finales del día pues nos dan una idea más clara del incremento diario, ya que al tomar las al mediodía el incremento del peso se debe al aporte de alimentación del día anterior y del día en que se hacen aquéllas, de todas formas, los datos nos ofrecen información del aumento cada 24 h.

Al nacer marcamos los pollos para poderlos distinguir; algunas veces los dos pollos ya habían nacido cuando se realizaba la observación y el criterio que seguimos fue marcar como primero el que era más grande. Este criterio está sustentado por el hecho de que los adultos inician la alimentación inmediatamente después del nacimiento.

2.3.3.1.- Medidas del peso durante el crecimiento

Utilizamos la metodología desarrollada por Ricklefs (1967) que consiste en reemplazar los datos de crecimiento por unos factores de conversión que transforman las curvas de crecimiento en líneas rectas, cuyas pendientes pueden ser medidas gráficamente o por el método de los mínimos cuadrados y son proporcionales a la tasa de crecimiento total.

Se ajusta una curva a los datos del peso; Ricklefs (1967) da tres curvas de las cuales la que se ajusta mejor a los datos del peso de los vencejos es la de Gompertz (Ricklefs 1968) (gráfica 2.3.3.1)

La ecuación general de la curva de Gompertz es:

$$e^{-bk} e^{-kt}$$

y la pendiente es:

$$dW/dt = -kW(\log_e W)$$

W peso de los organismos expresado como porcentaje del peso final o asintótico

k constante, proporcional a la tasa de crecimiento total

b constante, tal que el punto de inflexión ocurre hacia $t=0$ cuando $b=1$

El procedimiento para aplicar este método de aproximación de curvas tiene 6 pasos (Ricklefs 1967):

- a) Estimar la asíntota o peso final de la curva de crecimiento.
- b) Calcular los datos del peso como porcentajes de la asíntota estimada.
- c) Dibujar los factores de conversión que corresponden al porcentaje de los datos del crecimiento como una función del tiempo. Los -

factores de conversión para la ecuación de Gompertz son calculados por

$$C_w = 1/e \log_e (-1/\log_e W)$$

d) Si los factores de conversión siguen una línea recta, al menos en su mitad inferior la ecuación es apropiada y se puede pasar al apartado e). Si la relación presenta un aspecto curvo para todo el rango de valores, la ecuación no se ajusta a los datos de crecimiento y se debe ir al paso c) para probar con una ecuación diferente.

e) Si la gráfica de los factores de conversión se eleva en su parte superior, la asíntota ha sido estimada por debajo de su valor, si es al revés, la asíntota ha sido sobreestimada. En los dos casos se deben recalcular los datos para un valor nuevo de la asíntota. Generalmente los factores superiores al 90% de la asíntota no serán tomados en cuenta a la hora de ver el ajuste que tienen a una línea recta.

f) Medir la pendiente de la línea recta resultante (dW/dt) o bien gráficamente o por regresión lineal y su relación con la tasa constanate de crecimiento para la ecuación de Gompertz es:

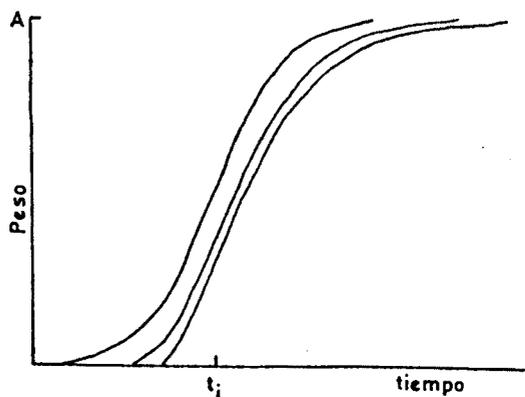
$$k = edW/dt$$

Otro valor que puede tener interés es:

$$t_{10-90} = (C_{90} - C_{10})/dW/dt$$

t_{10-90} es la cantidad de tiempo requerido para completar una cantidad determinada de crecimiento, en este caso es el intervalo de tiempo que pasa desde el 10 al 90% de la asíntota.

Los valores de k pueden ser comparados intra e interespecíficamente siempre que las curvas de crecimiento sean ajustadas por las mismas ecuaciones.



Gráfica 2.3.3.1. Representación gráfica de (de izquierda a derecha) las ecuaciones de crecimiento logístico, de Gompertz y de von Bertalanffy. A es la asíntota superior y t_i el punto de inflexión.

2.4.- Ritmos

2.4.1.- Serie de datos

Si en un eje de abscisas colocamos las horas sucesivas de - varios días y en ordenadas el número de entradas más el de salidas producidas en cada hora, obtenemos una serie de observaciones ordenadas - en el tiempo, que constituyen un proceso de componente aleatoria, ya - que no es posible predecir valores futuros de la serie.

Tomamos el número de entradas más el de salidas producido en el intervalo de una hora determinada, ya que no podíamos separar la actividad de cada uno de los componentes de la pareja, de esta forma - la serie se puede interpretar en términos de actividad con respecto al nido de la pareja de vencejos. Esta forma de tratar los datos implica una dificultad de interpretación de los resultados, pues si cada individuo de la pareja tiene una periodicidad propia todas ellas apareceran, sin distinción, en el resultado del análisis.

2.4.1.- Características de las series

Las series tratadas por nosotros son de tipo discreto ya - que los valores son dados en momentos determinados del tiempo.

Según Legendre y Legendre (1979) una serie puede ser interpretada en tres términos:

- a) Evolución determinista
- b) Variabilidad sistemática
- c) Fluctuaciones aleatorias

La evolución determinista produce en la serie una tendencia. En general las tendencias comportan en el estudio de las series, variabilidades a baja frecuencia que distorsionan los resultados del análisis aumentando la importancia relativa de las bajas frecuencias estimadas (Platt y Denman 1975). Esta tendencia se debe quitar y la serie pasa entonces a ser estacionaria. Una serie estacionaria reducida es aquella en que la varianza y la media son independientes del sector donde se han situado en el eje de observación (Legendre y Legendre 1979,

y Platt y Denman, 1975). El test ensayado para comprobar la estacionaridad es el de los signos (Sokal y Rohlf 1979, Estrada y Wagensberg 1978) para lo cual dividimos la serie en varias subseries de longitud idéntica (en general de 10 valores) y calculamos de cada una de ellas su media y su varianza; a continuación, restamos estos resultados de la media y varianza generales y ensayamos si el número de veces que nos ha salido positiva o negativa la resta se aparta de lo esperado si fuera al azar.

La serie formada por las UE, presentó una tendencia curvilínea que fue extraída mediante el método analítico (Legendre y Legendre 1979); consiste en ajustar por el método de los mínimos cuadrados un polinomio (en este caso de segundo grado) a los datos y posteriormente restar las observaciones del valor dado por el polinomio para cada valor del eje de observación, una vez hecho esto conseguimos una serie de datos residuales que no presentan tendencia.

En el caso de las series construidas con los datos del número de entradas y salidas, el test de los signos nos permitió aceptar la hipótesis de estacionaridad.

Conseguido este punto, se realiza el estudio de la interpretación del apartado b). A esta componente también se le da el nombre de oscilación. Una forma de atacar el problema es determinar la relación que hay entre los términos sucesivos de la serie, en vistas a determinar el patrón de variación. Hay diversas técnicas (autocovarianza, autocorrelación) y nosotros utilizamos la autocorrelación o correlación en serie, que consiste en trasladar una serie paso a paso (k) con respecto a si misma y calcular el valor de su correlación en cada uno de esos pasos. La fórmula empleada para la autocorrelación es:

$$r_{xx}(k) = \frac{C_{xx}(k)}{s_x s_x} = \frac{C_{xx}(k)}{s_x^2} = \frac{C_{xx}(k)}{s_{xx}(0)}$$

$$C_{xx}(k) = \frac{1}{p-k-1} \sum_{j=1}^{p-k} (x_{j+k} - \bar{x}') (x_j - \bar{x}'') \quad \text{autocovarianza}$$

$$\bar{x}' = \frac{1}{(p-k)} \sum_{j=1}^{p-k} x_{j+k} \qquad x'' = \frac{1}{(p-k)} \sum_{j=1}^{p-k} x_j$$

$$s_{xx}(0) = \frac{1}{(p-1)} \sum_{j=1}^p (x_j - \bar{x})^2 \qquad \text{varianza}$$

p = Número de términos de la serie.

Si los valores de la correlación se representan en función de k (pasos) obtenemos un correlograma. Esta gráfica nos permite vislumbrar muy bien la oscilación dominante al repetirse un valor de correlación significativo cada k pasos. Sin embargo, la autocorrelación tiene la desventaja de que el análisis se confunde por la presencia de dos o más ciclos de longitud de onda similar y los ciclos subsidiarios al dominante no son indicados con precisión (Broom 1979).

Un paso más complejo y que evita las dificultades del método anterior es el análisis espectral.

2.4.2.- Análisis espectral

El análisis de Fourier permite descomponer una serie de tiempo finita en una suma de funciones seno y coseno de diferentes períodos. Estos períodos son armónicos del período fundamental T_0 . Una serie de Fourier puede ser escrita de la siguiente forma:

$$y(x) = a_0 + \sum_i (a_i \cos(2\pi x/T_i) + b_i \sen(2\pi x/T_i))$$

T_i es el armónico del período fundamental T_0

$$T_i = T_0/i \qquad T_0 = p\Delta$$

$$y(x) = a_0 + \sum_{i=1}^{p/2} (a_i \cos(2\pi i x/p\Delta) + b_i \sen(2\pi i x/p\Delta))$$

Δ intervalo entre dos datos de la serie.

En el análisis espectral se asume que una serie temporal es el resultado de la suma de infinitos número de oscilaciones, cada uno de ellos con su propia longitud de onda. El primer método de análisis espectral fue el del periodograma desarrollado por Schuster (1898), no es más que una generalización de la tabla de Buys-Ballot (Enright 1965, Margalef 1974) y consiste en aplicar un análisis de Fourier a u-

na serie temporal mediante el cual ésta se descompone en una suma de funciones seno y coseno de diferentes períodos. El periodograma se basa entonces en un ajuste simultáneo por el método de los mínimos cuadrados de un número finito de funciones seno y coseno de diferentes períodos a la serie temporal de una longitud dada (Platt y Denman 1975).

La intensidad del periodograma (término propuesto por Schuster 1898) correspondiente a los diferentes períodos T_i , es la fracción de la varianza ($s^2(T_i)$) de la serie que se explica por la existencia de una oscilación de período T_i .

$$s^2(T_i) = \frac{1}{2p}(a_i^2 + b_i^2)$$

donde

$$a_i = \frac{2}{p} \sum_{i=1}^p y_i \cos 2\pi i x_i / p$$

$$b_i = \frac{2}{p} \sum_{i=1}^p y_i \sen 2\pi i x_i / p$$

El período más corto que puede ser considerado es 2Δ y el más elevado es $p\Delta/2$. Al primero, si se traduce a frecuencias, $(1/2\Delta)$ se denomina la frecuencia de Niquist (FN) y el intervalo de valores comprendido entre los dos períodos se llama ventana de observación.

Si consideramos que la intensidad del periodograma es una función continua definida en todas las frecuencias desde cero a la frecuencia de Niquist (FN) obtenemos el espectro muestral:

$$(1) \quad C_{xx}(f) = 2(c_{xx}(0) + 2 \sum_{k=1}^{M-1} c_{xx}(k) \cos 2\pi \Delta k f) \quad 0 \leq f \leq FN$$

La transformada coseno de Fourier de la función de autocorrelación se denomina función de densidad espectral y la de la autocovarianza se denomina espectro de energía (Jenkins y Watts 1968).

Una propiedad importante del espectro de energía es:

$$s_{xx}^2 = \int_0^{FN} T_{xx}(f) df$$

o sea, el espectro de energía da la varianza de un proceso estocástico como una función de la frecuencia.

La media del espectro muestral cuando p tiende a infinito se acerca al verdadero valor del espectro de energía

$$T_{XX}(f) = \lim_{p \rightarrow \infty} E(C_{XX}(f))$$

sin embargo, aunque el espectro muestral $S_{XX}(f)$ es un estimador insesgado del verdadero espectro de energía $T_{XX}(f)$, la varianza de aquél no decrece cuando p tiende a ∞ (se debe a que el estimador es constante independientemente del tamaño muestral, demostrado en Jenkins y Watts 1968) y por lo tanto en la forma como se ha dado en (1) no es un buen estimador del espectro.

2.4.3.- Ventanas de desfase y ventanas espectrales

Una forma de obtener estimadores espectrales con pequeña varianza se debe a Bartlett. Si una serie de p términos es dividida en k subseries cada una de $M=p/k$ términos, la media de los espectros muestrales de cada subserie es:

$$\bar{C}_{XX}(f) = 1/k \sum_{i=1}^k C_{XX}^{(i)}(f) \quad 0 \leq f \leq FN$$

y se llama estima espectral alisada para la frecuencia f .

La varianza de esta estima espectral alisada está reducida por un factor de aproximadamente M/p .

Este procedimiento es equivalente en el dominio del tiempo a multiplicar la función de autocovarianza por una función denominada ventana de desfase $w(k)$, o sea:

$$\bar{C}_{XX}(f) = 2 (c_{XX}(0) + 2 \sum_{k=1}^M w(k) c_{XX}(k) \cos 2\pi \Delta f k) \quad 0 \leq f \leq FN$$

$$W(k) = \begin{cases} \frac{1}{2}(1 + \cos k/M) & |k| \leq M \\ 0 & |k| > M \end{cases}$$

que en el dominio de frecuencias es:

$$\bar{C}_{xx}(f) = \int_0^{FN} C_{xx}(f)W(f-g)dg$$

donde

$$W(f) = M \left(\frac{\text{sen} 2\pi f M}{2\pi f M} \right) (1/(1-2fM)^2)$$

es la ventana de Tukey. La función $W(f)$ se llama ventana espectral.

Estos procedimientos de alisamientos son justificables además porque los datos son asumidos de ser muestras de una serie temporal continua y el espectro será una función continua y no discreta como ocurre en muchos registros (Broom 1979).

Controlando la longitud de las subseries (M) podemos tener una anchura de base (bandwith, en inglés) de la ventana espectral determinada. Si M es pequeña, lo que corresponde a una anchura de base grande, la varianza es pequeña también. Sin embargo, la mayor anchura de base implica un alisamiento sobre un rango ancho de frecuencias y el sesgo $B(f) = E(\bar{C}_{xx}(f)) - T_{xx}(f)$ será grande. Por lo tanto, hay que llegar a un compromiso entre el sesgo y la varianza.

varianza x anchura de base = constante

El darle más importancia a una menor varianza o a un menor sesgo en la estima del espectro dependerá de la forma que adquiera éste.

En nuestro estudio utilizamos la función de autocorrelación y la fórmula del espectro muestral alisado ($\bar{C}_{xx}(f)$) queda:

$$\bar{R}_{xx}(f) = 2 \left(1 + 2 \sum_{k=1}^{M-1} r_{xx}(k)w(k) \cos 2\pi f k \right) \quad 0 \leq f \leq FN$$

para los cálculos es más apropiado tomar el valor de $f=1/2F$, siendo F dos o tres veces el valor de M y $k=0,1,2,\dots,F$.

Utilizamos, como ya hemos comentado, la ventana de Tukey,

$$w(k) = \frac{1}{2} + \cos \pi k / M \quad |k| \leq M$$

$$w(k) = 0 \quad |k| > M$$

por lo tanto la estima de la función de densidad espectral alisada es

(Jenkins y Watts 1968):

$$\bar{R}_{xx}(l) = 2 \left(1 + 2 \sum_{k=1}^{M-1} \left(\frac{1}{2} + \cos \pi k / M \right) r_{xx}(k) \cos \pi l k / F \right) \quad l=0,1,\dots,F$$

La anchura de banda para la ventana de Tukey es:

$$b = 4 / (3M\Delta)$$

El método utilizado para el análisis del alisamiento del - estimador espectral es el sugerido por Jenkins y Watts (1968) denominado en inglés Window closing, o sea, inicialmente se utiliza una gran - anchura de banda y se va acortando progresivamente. Nosotros utilizamos el 70% y el 20% de MAXM, siendo éste el número de pasos (k) que se utilizan para el cálculo de la autocorrelación. Todos los espectros obtenidos con las distintas anchuras de banda adquirirían formas semejantes con la salvedad de que algunos picos para M = 20% aparecían desdoblados en dos picos para M = 80%, así como también en este último eran más elevados y más estrechos. Escogimos M = 20% MAXM por darnos la estima-del espectro que mejor se aproximaba a nuestros conocimientos de los - datos.

Existen unos límites de confianza para el espectro que nos permiten ensayar que picos son verdaderos y cuales no lo son. Estos límites superior e inferior son muy sensibles a la validez de la suposición de Normalidad de la serie (Jenkins y Watts 1968). Como nuestra serie era no Normal consideramos que era mejor no aplicarlos y en su lugar construimos series ficticias de forma y tamaño semejante a las encontradas con los datos de actividad de las que conocíamos su frecuencia de oscilación y podíamos ver que picos del espectro eran verdaderos y cuales provocados por la propia forma de la serie (artefactos).

Se hizo un test de ruido blanco (Test for white noise en - inglés) cuando fue necesario ensayar si una serie de tiempo observada podía ser vista como una realización de un proceso al azar (Jenkins y Watts 1968); consiste en encontrar el valor del espectro integrado muestral

$$I(f_k) = \frac{1}{\Delta p} \sum_{l=1}^k C_{xx}(f_l) \quad k = 0,1,2,\dots,p/2$$

y normalizarlo dividiendo por s_{xx}^2

$$I(f_k)/s_{xx}^2 = \frac{1}{p s_{xx}^2} \sum_{l=1}^k C_{xx}(F_l)$$

Una vez obtenidos los valores de $I(f_k)/s_{xx}^2$ se dibujan en función de k y deberían situarse en línea recta siguiendo la bisectriz del primer cuadrante del eje de coordenadas si el proceso fuera al azar. Para juzgar las desviaciones de la línea recta se construye un test de significación cuando el número de datos de la serie (p) es grande. Este consiste en construir una banda $\pm \lambda / ((p/2)-1)^{\frac{1}{2}}$ alrededor de la línea teórica (bisectriz del primer cuadrante). Para los niveles de significación del 0,95 y 0,75, λ es igual a 1,36 y 1,02 respectivamente.

2.5.- Tests y fórmulas estadísticas empleadas

Hemos utilizado diversos tests y estadísticos a lo largo de esta memoria que iremos describiendo de una forma somera. Las fórmulas y definiciones de los distintos tests y estadísticos se han extraído de Métodos estadísticos de Snedecor (1970), Biometría de Sokal y Rohlf (1979), Estadística no paramétrica de Siegel (1976) y Quantitative Zoology de Simpson, Roe y Lewontin (1960).

Todas las fórmulas comentadas a continuación para los tests y estadísticos emplean alguno de los siguientes términos como elementos intermedios:

Suma de los cuadrados de las desviaciones de x respecto de la media

$$\sum x^2 = \sum (x_i - \bar{x})^2$$

cuya expresión para el cálculo es:

$$\sum x^2 = \sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}$$

Suma de los cuadrados de las desviaciones de y respecto de la media

$$\sum y^2 = \sum (y_i - \bar{y})^2$$

cuya expresión para el cálculo es:

$$\sum y^2 = \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{N}$$

Suma de los productos de las desviaciones

$$\sum xy = \sum (X_i - \bar{X})(Y_i - \bar{Y})$$

cuya expresión para el cálculo es:

$$\sum xy = \sum X_i Y_i - \frac{(\sum X_i \sum Y_i)^2}{N}$$

los valores en mayúscula indican los datos y N es el número de datos para cada variable.

Test de la normalidad.- Para aplicar los tests paramétricos, es necesario saber si la muestra está distribuida normalmente. El test que hemos utilizado es el de Kolmogorov-Smirnov (test no paramétrico), ya que resulta ventajoso en muestras de tamaño pequeño. Se basa en las diferencias absolutas entre las distribuciones de frecuencia relativa observadas y esperadas. La diferencia máxima encontrada (D_{\max}) se puede ensayar en una tabla de valores críticos (tabla de Lilliefors). Los pasos que se siguen son los siguientes:

1º) Se ordenan los valores (X) de menor a mayor.

2º) Se calculan las desviaciones tipificadas de cada uno de los valores respecto de su media (\bar{X}) ($Y = (X - \bar{X})/s$) (s = desviación típica).

3º) Se calculan las frecuencias acumulativas relativas esperadas para cada uno de los valores calculados anteriormente (Y) basándose en las áreas de la curva normal.

4º) Se calculan las frecuencias acumulativas relativas observadas. Si la muestra posee n datos, el valor de aquéllas es i/n , siendo $i = 1, 2, \dots, n$.

5º) Se calculan las diferencias absolutas entre los valores encontrados en los pasos 3º y 4º y de estos valores se toma el mayor -

en valor absoluto (D_{\max}). Una vez calculado se ensaya en la tabla de Li lliefors, si el valor de la tabla que corresponde al tamaño muestral n y a un nivel de significación dado es menor que D_{\max} se debe rechazar la hipótesis de normalidad (Cuadras 1978 y Sokal y Rohlf 1979).

Test de la F.- Si a partir de una población con distribución normal extraemos dos muestras de tamaños distintos (n_1 y n_2) y calculamos el cociente entre las varianzas de cada muestra

$$F_s = \frac{s_1^2}{s_2^2}$$

éste será cercano a 1, ya que las varianzas son estimaciones de la misma cantidad. Si tomamos repetidas muestras de tamaños n_1 y n_2 y calculamos los cocientes F_s la distribución esperada de este cociente se denomina distribución F. La forma de esta distribución está determinada por los valores de los grados de libertad, es decir $v_1 = n_1 - 1$ y $v_2 = n_2 - 1$.

La prueba de comparación consiste en calcular el cociente entre las varianzas calculadas, de forma que el valor superior esté en el numerador.

Bajo la hipótesis nula (las poblaciones tienen igual varianza o son homocedásticas) el cociente s_1^2/s_2^2 fluctuará alrededor de 1.

Bajo la hipótesis alternativa (las poblaciones tienen distinta varianza) el cociente s_1^2/s_2^2 fluctuará alrededor de un valor su perior a 1.

Si el valor del cociente a un nivel de significación dado es superior al dado en la tabla de la distribución acumulativa de probabilidades F rechazaremos la hipótesis nula.

Si tenemos más de dos varianzas se puede utilizar el test de la F_{\max} que se basa en la distribución de probabilidad acumulativa de un estadístico que es el cociente entre las varianzas más grande y más pequeña.

El test de la t de Student, el análisis de la varianza y

el de la covarianza se pueden aplicar si se cumplen las condiciones de homocedasticidad y normalidad.

A) En cuanto a comparación de dos series de datos empleamos - los siguientes tests:

t de Student.- Compara la igualdad o no de dos medias extraídas de dos series de datos. Es una prueba paramétrica y las condiciones de aplicación son que las varianzas de los dos grupos tratados sean semejantes (homocedasticidad) y que sigan una distribución normal (Snedecor 1970). La fórmula empleada es:

$$t = (\bar{X}_1 - \bar{X}_2) \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 - 2)}{(n_1 + n_2) (\sum x_1^2 + \sum x_2^2)}}$$

\bar{X}_1 y \bar{X}_2 medias de cada uno de los dos grupos.

n_1 y n_2 número de datos de cada grupo.

Su significación a un nivel de significación determinado se comprueba en una tabla con $n_1 + n_2 - 2$ grados de libertad.

Un caso particular de este test es comparar una sola observación con la de la muestra. La fórmula apropiada es:

$$t_s = \frac{X - \bar{X}_2}{s_2 \sqrt{\frac{n_2 + 1}{n_2}}}$$

s_2 desviación típica de la muestra.

\bar{X}_2 media de la muestra.

X única observación.

n_2 tamaño de la muestra.

La significación del estadístico se comprueba en una tabla con $n_2 - 1$ grados de libertad.

U de Mann-Whitney.- Se trata de una de las pruebas no para-



métrica más poderosas y constituye la alternativa más útil ante la prueba paramétrica anterior (Siegel 1976).

Según el número de datos de ambos grupos (n_1 y n_2), se puede distinguir:

1º) cuando n_1 y $n_2 < 8$

Se combinan los datos de ambos grupos clasificándolos de menor a mayor (teniendo en cuenta el signo si lo hay) y sin perder la pertenencia de cada dato a su población. Después, sumamos el número de datos de la población menor que preceden a cada uno de los datos de la población mayor; esta suma nos da el estadístico U cuya significación se ensaya en una tabla a un nivel determinado de significación.

2º) cuando $9 \gg n_2 \gg 20$

Se le da a cada dato un número de orden, es decir, el lugar que ocupa entre todos los datos (de las dos poblaciones) cuando estos están colocados de mayor a menor (si un dato está repetido, el número de orden de cada dato es la media de los números de orden respectivos). R_1 es la suma de los órdenes de una población y R_2 la suma de los números de orden de la otra población y los índices U se calculan según:

$$U_{12} = n_1 n_2 + n_1 (n_1 + 1) / 2 - R_1$$

$$U_{21} = n_1 n_2 + n_2 (n_2 + 1) / 2 - R_2$$

La prueba de comparación de los dos grupos se realiza con el índice U más pequeño de los dos anteriores (U_{12}, U_{21}); su significación a un nivel determinado viene dado en una tabla.

Análisis de la varianza.- Si tenemos n grupos cada uno de ellos con m elementos y calculamos las medias de cada uno de los grupos (\bar{X}_i), sus valores no serán iguales aún en el caso de que los distintos grupos provengan de la misma población, existirán por lo tanto, desviaciones de muestreo. El problema del análisis de la varianza es determinar si las variaciones observadas en las \bar{X}_i son debidas al azar o bien

reflejan diferencias reales en las medias, o sea, que existe algún factor que las diferencia.

La variación total entre las observaciones es dividida en dos partes, una es la variación producida únicamente por los errores de muestreo al azar dentro de cada grupo o en una combinación de grupos. - La otra es de tal forma que será igual a la del muestreo al azar si la hipótesis nula es verdadera pero mayor si hay un efecto real de esta parte sobre la variabilidad de las observaciones.

En cada uno de los análisis, la variación total de las observaciones es medida por la suma total de cuadrados, que es la suma de las desviaciones al cuadrado de todas las observaciones respecto de la media general (\bar{X}):

$$\sum^N (x_{ij} - \bar{X})^2$$

con $N-1$ grados de libertad (siendo N el número total de observaciones, $n \times m = N$). Esta suma total de cuadrados es dividida en dos componentes tales que uno de ellos es la suma de los cuadrados de las desviaciones que son ascritas a variación al azar

$$\sum^n n_i (\bar{X}_i - \bar{X})^2 \quad \text{SS entre grupos}$$

y el otro es la suma de cuadrados asociadas con el efecto principal - del factor que separa los grupos entre si

$$\sum^n \left(\sum^m (x_{ij} - \bar{X})^2 \right) \quad \text{SS dentro de grupos}$$

La primera expresión tiene $N - n$ grados de libertad y la segunda $n - 1$.

Posteriormente se calcula la media cuadrada de cada una de las dos partes en que se dividió la suma de cuadrados total, dividiendo aquéllas por sus grados de libertad. Estas medias al cuadrado (MS entre grupos y MS dentro de grupos) son análogas a la varianza, puesto que son sumas de los cuadrados de las desviaciones divididas por los grados de libertad.

Por último el test que se aplica es ensayar la igualdad de

estas varianzas calculando el radio entre ellas (dividiéndolas). El resultado de esta división se compara con un nivel de significación dado en una tabla de la distribución de probabilidad F con (n-1) grados de libertad en el numerador y (N-n) en el denominador.

Análisis de la covarianza (Ancova).- El ancova se utilizó en la presente memoria para el estudio de comparación de pendientes - (b) de las rectas de regresión obtenidas a partir de las partes lineales de las curvas de crecimiento de las alas de los pollos devencejo.

Para calcular la igualdad entre n coeficientes de regresión se aplica un anova (análisis de la varianza) entre la media al cuadrado de la variación entre regresiones (MS entre los b) con (n-1) grados de libertad y la media al cuadrado de la variación dentro de las regresiones (MS dentro de los b) con (N-4n) grados de libertad.

Las fórmulas para el cálculo son:

$$(1) \quad MS_{\text{entre los b}} = \frac{\sum^n (\sum^m x^2 (b-\bar{b})^2)}{(n-1)}$$

$$\bar{b} = \frac{\sum^n (\sum^m xy)}{(\sum^m x^2)} \quad \text{Pendiente media}$$

$$(2) \quad MS_{\text{dentro de los b}} = \frac{\sum^n \sum^m d_{y.x}^2}{(N-4n)}$$

$$d_{y.x}^2 = \sum^m y^2 - \frac{\sum^m (xy)^2}{\sum^m x^2} \quad \text{Desviaciones de regresión al cuadrado}$$

El cociente entre las cantidades (1) y (2) nos da un valor cuya significación se comprueba a partir de la distribución de probabilidad F, para un nivel de significación determinado y (n-1, N-4n) grados de libertad.

B) cuando se trataba de encontrar una relación funcional entre dos variables medidas utilizabamos la regresión lineal, si los datos se situaban en una línea recta y regresión curva o polinomial de 2º gra

do si lo hacían sobre una curva.

El uso de la regresión lineal es muy variado y en esta memoria lo hemos utilizado para conocer la relación funcional entre variables del tiempo atmosférico y variables de actividad de las aves, también se ha utilizado el coeficiente de regresión (b) para conocer la tasa de crecimiento de las plumas con la edad y el momento en que la tasa de crecimiento rectilíneo se iniciaba.

Los coeficientes b (coeficiente de regresión) y m (ordenada en el origen) del modelo de regresión lineal $\hat{y} = m + bx$ se calculan resolviendo las siguientes ecuaciones:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n xy}{\sum_{i=1}^n x^2}$$

$$y - \bar{y} = b(x - \bar{x}) \quad m = \bar{y} - b\bar{x}$$

La regresión polinómica de segundo grado se utilizó para eliminar la tendencia curvilínea que existía en las series temporales formadas por las últimas entradas (UE),

Supongamos $y = a + bx + cx^2$ y los coeficientes a , b y c se calculan trabajando con métodos de regresión múltiple (hay dos variables independientes, una es la variable en sí y la otra es el cuadrado de ella misma).

Regresión múltiple.- Se utiliza cuando se trata de explicar el comportamiento de una variable en función de otras varias. El modelo general es:

$$\hat{y} = a + b_{y.1}X_1 + b_{y.2}X_2 + b_{y.3}X_3 + \dots + \xi$$

en el que X_1, X_2, X_3, \dots representan las variables independientes, y ξ es $N(0, \sigma)$. El coeficiente de regresión $b_{y.1}$, es el de y sobre la variable X_1 , manteniendo las demás variables X_2, X_3, \dots constantes y por lo tanto se denomina coeficiente de regresión parcial.

Los coeficientes $a, b_{y.1}, b_{y.2}, b_{y.3}, \dots$ son estimados según

el método de los mínimos cuadrados que minimizan la suma de los cuadrados de las desviaciones entre los valores observados y los valores \hat{y} calculados según el modelo de regresión. Su cálculo se basa:

$$(3) \quad Y = Xb$$

siendo

$$Y = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ y_p \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & \cdot & \cdot & \cdot & X_{1n} \\ 1 & X_{21} & \cdot & \cdot & \cdot & X_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1 & X_{p1} & \cdot & \cdot & \cdot & X_{pn} \end{bmatrix} \quad b = \begin{bmatrix} a \\ b_{y.1} \\ \cdot \\ \cdot \\ b_{y.n} \end{bmatrix}$$

Y vector de los valores de la variable dependiente.

X matriz de los valores de las variables independientes.

b vector de los coeficientes de regresión parcial.

Como el número de ecuaciones (p) es más grande que el número de incógnitas (n) es necesario multiplicar cada uno de los miembros de la ecuación matricial (3) por la transpuesta de la matriz X:

$$[X'Y] = [X'Xb]$$

y los valores de los coeficientes se obtienen de:

$$b = [X'X]^{-1} [X'Y] \quad (\text{Legendre y Legendre 1979})$$

El coeficiente de determinación múltiple R^2 , mide la fracción de la varianza de la variable dependiente que es explicada por una combinación lineal de las variables independientes.

El análisis de regresión múltiple asume que la variable dependiente está relacionada lineal y aditivamente a las predictoras. Se asume, también, que los errores de predicción (residuales) (ϵ) son independientes y normalmente distribuidos con media 0 y varianza constante a través del rango de valores de cada una de las variables en el

análisis (Richardson 1974, Snedecor 1970),

La aditividad consiste en asumir que el efecto de cada uno de los predictores sobre la variable dependiente es independiente de los valores de los otros predictores (Richardson 1974). En los estudios de las relaciones de las variables atmosféricas con la actividad es fácil que las aves estén influidas por varias variables predictoras a la vez y por lo tanto, se altere la condición de aditividad, sin embargo estas desviaciones no tienen un efecto importante sobre la exactitud del pronóstico (Richardson 1974).

El quebrantamiento de las suposiciones de linealidad, normalidad y homocedasticidad se pueden reconocer cuando los residuales del análisis de regresión son dibujados en función de cada una de las variables; si los valores se sitúan en una banda paralela al eje de las X (Gráfica 2.5.1a), más o menos ancha, las suposiciones anteriores no parecen ser quebrantadas, pero, si existen desviaciones importantes de esta banda, nos revelan que existe un quebrantamiento de las suposiciones iniciales. La naturaleza de las desviaciones nos revela el tipo de quebrantamiento y sugiere como salvarlo (Snedecor 1970, Draper y Smith 1966).

Draper y Smith (1966) advierten que es muy fácil imaginar patrones en los dibujos de los residuales y la utilización de variables falsas (para evitar los quebrantamientos) no se debe hacer sin una justificación real.

En el caso de que se dibujen los residuales en el eje de ordenadas y el valor estimado (\hat{y}) por la ecuación de regresión múltiple - en el eje de abscisas podemos obtener:

1º) Una tendencia de los valores como indica la gráfica 2.5.1.b, lo que demuestra que la varianza no es constante y se requiere una transformación de la variable y antes de hacer un análisis de regresión.

2º) Una tendencia de los valores como indica la gráfica 2.5.1.c, lo que demuestra un error en el análisis; la desviación de la ecuación ajustada es sistemática (residuales negativos corresponden a valores bajos de \hat{y} , y residuales positivos a valores altos de \hat{y}).

3º) Una tendencia de los valores como indica la gráfica 2.5.1.d,

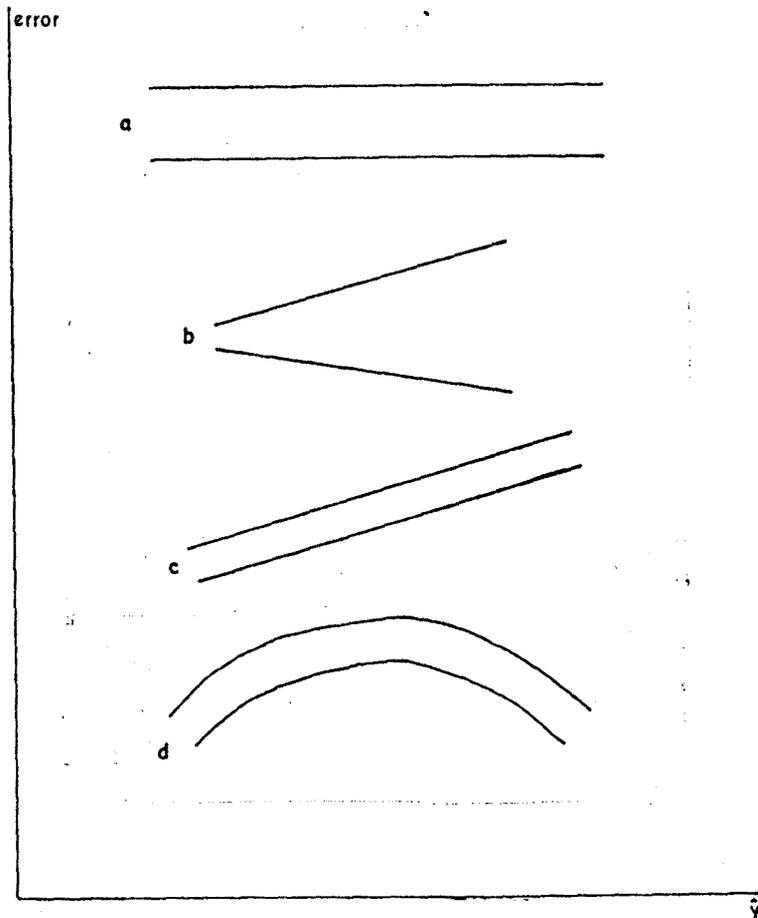
lo que demuestra que el modelo no es adecuado (no linealidad), se necesitan términos extra en el modelo o una transformación de las observaciones y antes del análisis (Draper y Smith 1966).

La normalidad, se asume cuando los residuales están distribuidos normalmente ($N(0, \sigma)$), lo cual se ensaya con el test de Kolmogorov dado anteriormente. Si existe un quebrantamiento usualmente es debido a que la variable dependiente (y) no está distribuida normalmente. Estas violaciones a menudo desaparecen cuando la suposición de homocedasticidad ha sido encontrada por una transformación adecuada (Richardson 1974).

Cuando los predictores son variables del tiempo atmosférico existen fuertes correlaciones entre ellos y una consecuencia de esto es que la inclusión de unas pocas variables predictoras en la ecuación de regresión puede dar pronósticos tan exactos como los que serían alcanzados por la inclusión de todas ellas. Las técnicas de regresión paso a paso son usadas para encontrar la serie más pequeña de predictores que dé una capacidad de pronóstico similar a la alcanzada si se utilizase la totalidad de variables predictoras. El procedimiento es añadir variables, de una en una, a la ecuación hasta que aunque añadamos otra no mejoramos la capacidad de pronóstico. En cualquiera de los casos, la variable añadida a la ecuación es la que hace el mejoramiento en la capacidad de pronosticar, más elevado.

El análisis paso a paso tiene una ventaja adicional y es reducir el "sobreajustamiento". Cuando el número de variables predictoras es inferior en un 15 o un 20% al número de casos, (variable observable y), el modelo de regresión es con probabilidad incierto. El caso extremo de "sobreajustamiento" es aquél en el que hay tantos predictores como casos. El análisis de regresión paso a paso ayuda a mantener el número de predictores incluidos en un mínimo, pero no elimina totalmente el "sobreajustamiento" (Richardson 1974).

Nosotros utilizamos el modelo de regresión paso a paso con una $P < 0,05$ como criterio para la inclusión de predictores.



Gráfica 2.5.1. Tendencias que pueden seguir los errores de la ecuación de regresión múltiple ajustada cuando no se cumple alguna de las suposiciones (explicación en el texto).

C) Cuando lo que se trata es de descubrir el grado en que las variaciones de dos variables son concomitantes utilizamos el coeficiente de correlación. El cuadrado de este coeficiente se denomina coeficiente de determinación (r^2) y nos indica el grado de ajuste de los datos a una línea recta. Como en este análisis no existen diferen-

cias entre variables dependientes e independientes llamaremos X_1 y X_2 en vez de X e Y. La fórmula del coeficiente de correlación utilizada es el de Pearson:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^m x_1 x_2}{(\sum_{i=1}^m x_1^2)(\sum_{i=1}^m x_2^2)}$$

cuya significación a un nivel determinado se obtiene consultando el valor de unas tablas para $n-1$ grados de libertad.

La aplicación de los análisis estadísticos se ha llevado a cabo con la elaboración de programas realizados en el lenguaje BASIC para el microordenador Pet 2001 series y subrutinas de la colección SSP en lenguaje FORTRAN para el ordenador IBM 360 del laboratorio de Cálculo de la Universidad Central de Barcelona.

2.6.- Descripción de los lugares de nidificación y de las cajas anidadoras.

De las observaciones realizadas del comportamiento de estas aves en los lugares de nidificación llegamos a las siguientes conclusiones:

1ª) El tamaño de los lugares de nidificación no tenía mucha importancia ya que había lugares que alcanzaban metros de largo por ancho y otros en los que alcanzaban como máximo 30 cm. de largo y ancho.

2ª) Los agujeros utilizados variaban de formas y tamaños oscilando desde 4 cm. a 15 cm. aunque parecían predominar los más pequeños. Las formas eran distintas: redondos, cuadrados, grietas, etc.

3ª) El lugar habitado era siempre oscuro o estaba en penumbra.

4ª) Nos pareció que los vencejos utilizaban en algunos lugares dos agujeros.

5ª) Algunos vencejos se cogían en el agujero con las patas y haciendo apoyo con alas y cola se quedaban en esta posición durante algunos segundos. Se interpretó como posibles posiciones desde las cuales daban de comer a los pequeños, aunque esta suposición resultó errónea.

Con todos estos datos construimos 33 cajas de madera de for

ma ortoédrica cuyas dimensiones oscilaban entre 55 de ancho x 26 de largo x 13 cm. de alto. La parte superior de estas cajas estaba cubierta por un cristal pintado de negro excepto un rectángulo central de 50 de ancho x 20 cm. de largo, tapado por un trozo de caucho, de esta forma se conseguía la oscuridad, así como la posibilidad de observar en un momento dado el interior de la caja.

Las cajas se colocaron en direcciones Norte, Sur, Este y Oeste; 14 cajas se pusieron delante de agujeros naturales en los que en el año anterior se observó que había actividad de estas aves. Estas cajas estaban colgadas de la pared y sobresalían de ellas; 5 de ellas tenían en la parte anterior una doble pared en cuyo espacio había sitio para una instalación eléctrica, con lo que el interior de la caja disminuía en 6,5 cm. de largo (foto 2.6.1). Las 19 cajas restantes se repartieron en distintos lugares donde no había agujeros naturales y 17 de ellas se colocaron como una continuación de la pared, o sea, sin sobresalir de ella.

Cada caja tenía dos agujeros de 5 cm. de diámetro situados a ambos extremos de la cara anterior. La causa de que se hicieran dos se debía a la conclusión 4ª) antes citada, aunque después de iniciado el estudio nos dimos cuenta de que sólo utilizaban con preferencia un agujero. Los agujeros estaban colocados a 2 cm. del suelo de la caja para que ofrecieran una dificultad al polluelo a salir y evitar la posibilidad de que se tirara antes de estar en condiciones de volar, más tarde nos dimos cuenta de que el polluelo se mata igualmente tanto si tiene esta dificultad como si no la tiene.

La cara anterior de la caja es más larga que la altura normal de ella, o sea, la altura de la caja es de 13 cm. y la cara anterior mide 20 cm. con lo que quedaban 9 cm. por debajo del agujero, de esta forma se permitía que los vencejos se cogieran a la caja y se apoyaran con las alas y cola tal como indica la observación 5ª) antes citada (foto 2.6.2).

En el interior de la caja se colocaron hierbas y trozos de



Foto 2.6.1. Interior de la caja-nido. El asterisco (*) se ñala el lugar donde estaba colocada la instalación eléc



Foto 2.6.2. Situación de una parte de las cajas utilizadas en este estudio. Se observa que la cara anterior sobre sale por debajo de la caja con el fin de que los adul'tos se pudieran apoyar con la cola y alas cuando están sujetos al agujero con las patas.

papel como materiales para la construcción del nido.

Las cajas se construyeron sin tener información de que se hubiera experimentado en este sentido con estos animales, más tarde su pimos que Weitnauer (1947) y D y E Lack (1951) construyeron unas cajas destinadas para estos animales cuyas características son muy parecidas a las nuestras, excepto la cara anterior que en estos investigadores - tiene la misma altura de la caja mientras que en las construidas por - nosotros es de mayor altura. Este detalle es importante si tenemos en cuenta el comportamiento señalado en la conclusión 5ª) señalada anteriormente. Otra diferencia estriba en que nuestras cajas tienen dos agujeros lo que impide que su interior sea muy oscuro por lo que consideramos que es mejor construir las cajas con un solo agujero.

Para calcular el tiempo de permanencia del vencejo (A. apus) en la caja y fuera de ella se hizo una instalación electromecánica. Es ta instalación tenía como finalidad señalar además de lo dicho anteriormente las veces de entrada y salida que se producían, aunque no nos permitía diferenciar individualmente la pareja de vencejos. Dicha instalación consta de una parte en el interior de la caja y otra fuera, en el lugar de observación.

2.6.1.- Descripción del esquema de bloques

El esquema de bloques o conjunto de la instalación es el - que nos muestra la figura 2.6.1.1. (foto 2.6.1.1 y foto 2.6.1.2).

El voltaje de la red (220 voltios) de corriente alterna es rectificado (R) a 9 voltios de corriente continua. Esta corriente una vez que pasa por el conmutador C (situado en el interior de la caja) - excita un motor M que traslada un lápiz (L) a derecha o izquierda según sea una entrada o una salida. Este lápiz (L) marca sobre un papel que se enrolla en un carro giratorio (G) accionado por el motor M' a una - velocidad constante con lo cual tendremos dibujada una gráfica en la - que tramos rectos paralelos al eje de giro (E) significan entradas y - salidas de vencejos.

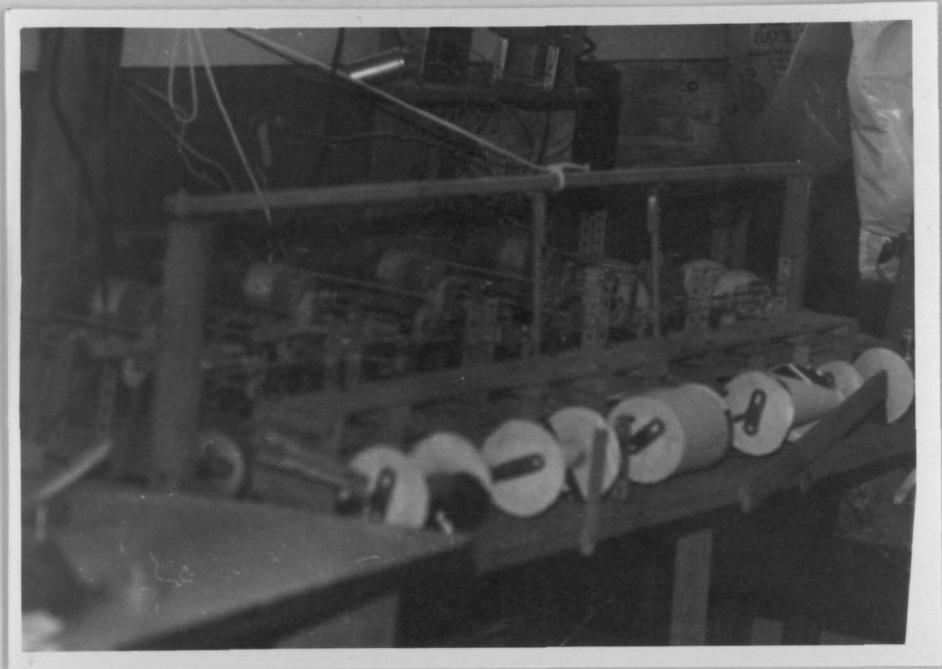


Foto 2.6.1.1. Instalación electro-mecánica situada en el exterior de las cajas-nido.

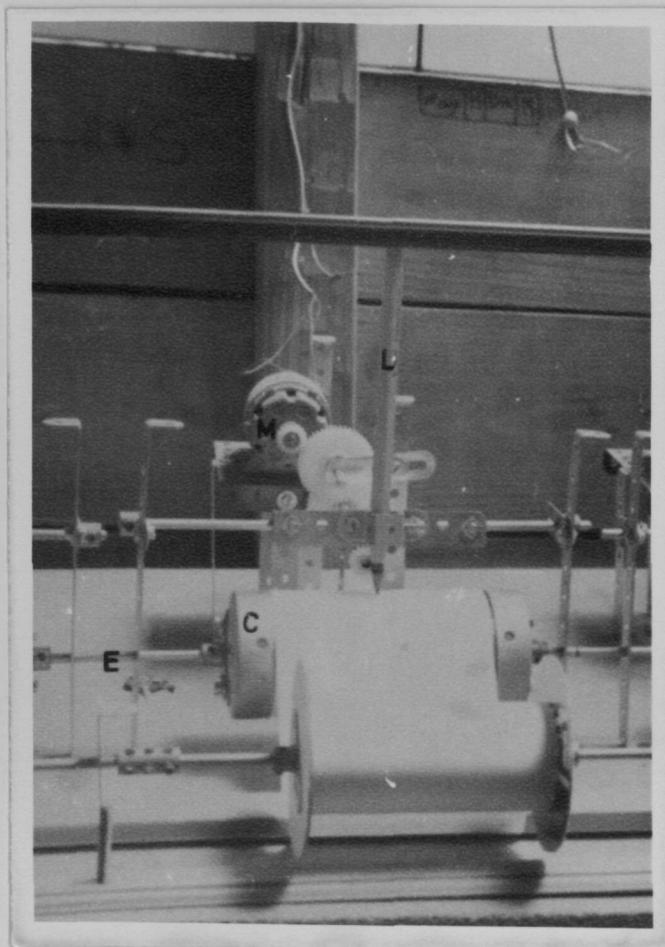


Foto 2.6.1.2. Detalle de la instalación mostrada en la foto superior. C carro giratorio. M motor conectado con la caja-nido. L bolígrafo situado encima de un engranaje que lo desplaza de izq. a der. y al revés cuando se mueve el motor M. E eje movido por el motor M' a velocidad constante.

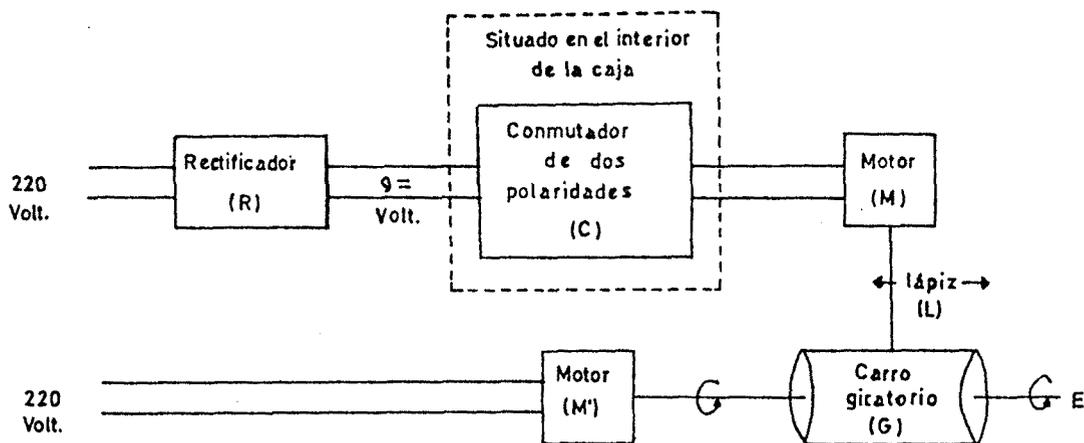


Figura 2.6.1.1. Esquema de bloques. Las flechas indican el sentido del movimiento. Explicación en el texto.

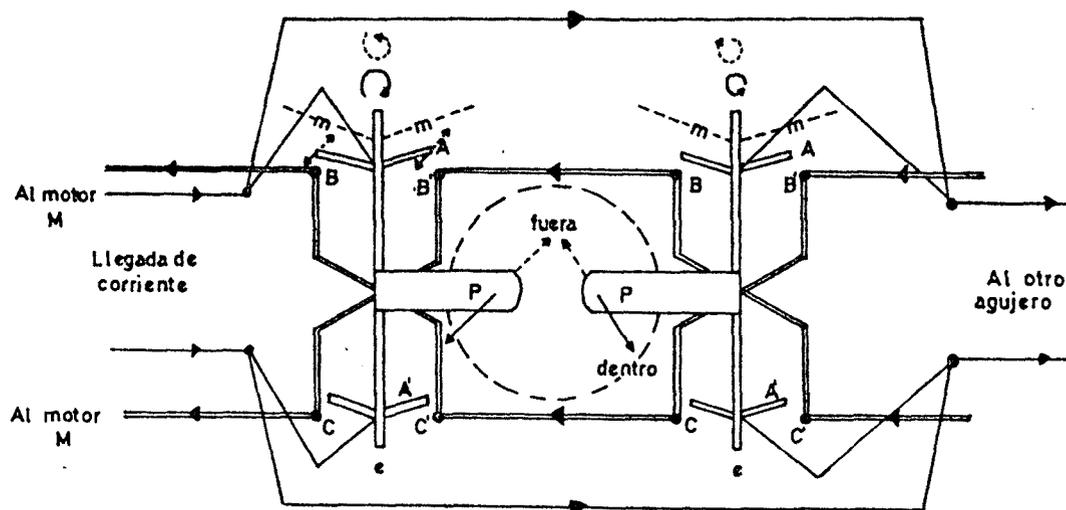


Figura 2.6.2.1. Esquema del conmutador de dos posiciones. Las flechas indican el sentido del movimiento provocado por los vancejos al entrar o salir de la caja nidificadora. - El esquema corresponde a la foto 2.6.2.1.

2.6.2.- Descripción y funcionamiento de la parte interior de la caja (commutador)

Este commutador se puede observar en la figura 2.6.2.1 y en la foto 2.6.2.1.

Cada agujero tiene dos palancas (P) que se encuentran en el centro de éste, en sentido horizontal y diametralmente opuestas, dejando un espacio intermedio de 1 cm.

Cada palanca (P) es parte de un commutador de dos circuitos y dos posiciones, de tal manera que el funcionamiento de una sola de ellas es suficiente para hacer girar el motor (M) siendo éste de corriente continua, con lo cual al cambiar de polaridad cambia el sentido de giro.

Esta palanca (P) es solidaria a un eje giratorio (e) que tiene en sus extremos dos piezas A y A' a las cuales llega un flujo de corriente continua de 9 voltios, positiva en A y negativa en A'. Dichas piezas hacen las veces del commutador anteriormente citado al entrar en contacto con las piezas B, B' y C, C'. Las piezas B, C' y B', C están unidas entre si.

Cada palanca (P) funciona independientemente por lo que existe doble seguridad de que el vencejo al salir o entrar empuje una de las palancas y haga funcionar el motor M.

El cambio de polaridad se realiza al hacer contacto las piezas A y A' con B, B' y C, C'. Tendremos pues tres posiciones: Posición de equilibrio, salida y entrada.

2.6.2.1.- Posición de equilibrio

En esta posición de equilibrio mantenida por dos muelles (m) las piezas A y A' están en circuito abierto, por lo tanto, el motor M no funciona y tendremos en la gráfica un tramo recto perpendicular al eje (E) del carro giratorio (G) (figura 2.6.2.1.1).

2.6.2.2.- Posición de salida

El vencejo empuja la palanca (P) en el sentido de la fle-

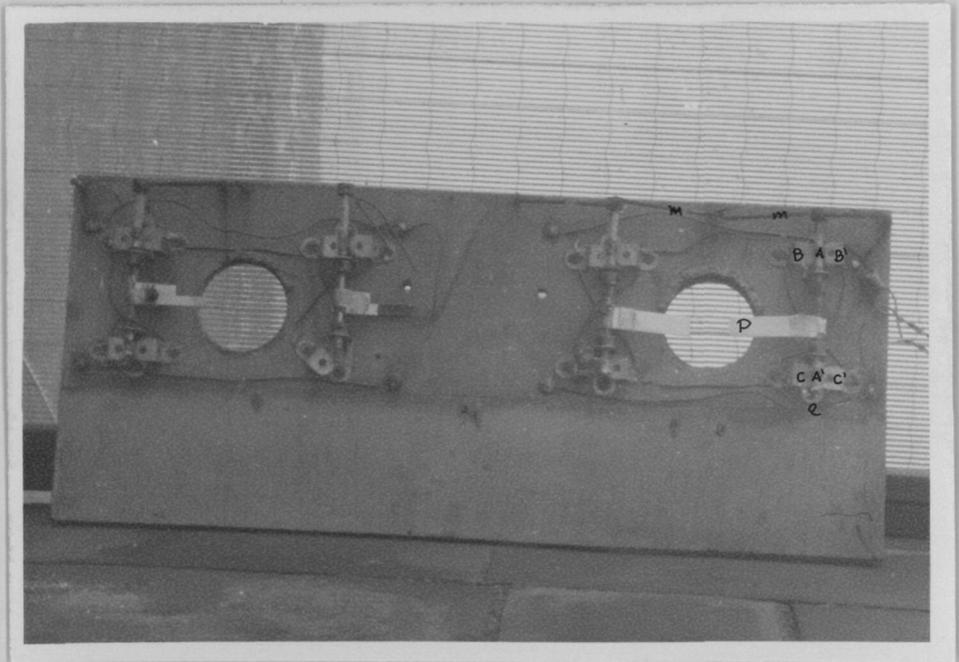


Foto 2.6.2.1. Detalle de la parte de la instalación situada en el interior de la caja-nido. Los símbolos están explicados en el texto.

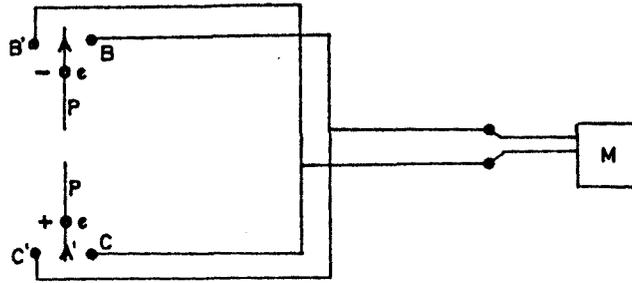


Figura 2.6.2.1.1. Posición de equilibrio

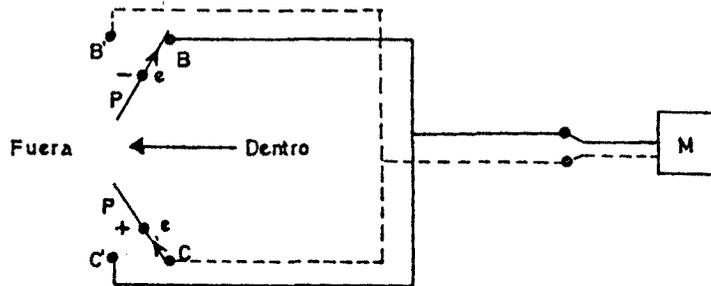


Figura 2.6.2.2.1. Posición de salida.

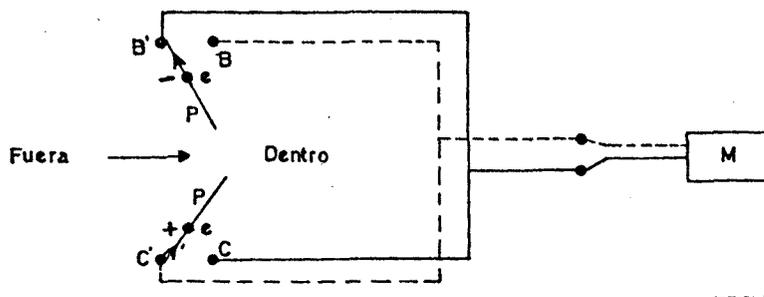


Figura 2.6.2.3.1. Posición de entrada. Este es esquema y los dos superiores están vistos desde la parte superior de la caja.

cha (gráfica 2.6.2.2.1) con lo cual A hace contacto con B y A' con C. Puesto que el motor M está unido a B, B' girará hacia la derecha al estar polarizado positivamente.

2.6.2.3.-Posición de entrada

El vencejo empuja la palanca (P) en el sentido de la flecha (figura 2.6.2.3.1) con lo cual A hace contacto con B' y A' con C'. Puesto que el motor M está unido a B, B' girará hacia la izquierda al estar polarizado negativamente.

2.6.3.- Descripción y funcionamiento de la instalación de la parte exterior de la caja.

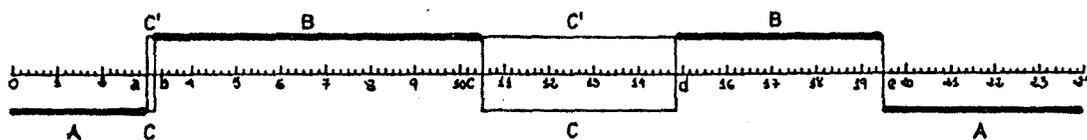
Trabajamos con 5 cajas, cada una de las cuales tenía acoplado el sistema electromecánico explicado. Tendremos así 5 motores M que al recibir señal de su conmutador respectivo girará hacia la derecha o la izquierda, que mediante un lápiz (L) son registradas en un papel (fotos 2.6.1.1 y 2.6.1.2).

Cuando el motor M no acusa señal, el lápiz (L) registrará sobre el papel un trazo perpendicular al eje de giro (E) del carro gíatorio (G). Esto es debido a que el papel está unido al carro citado y se mueve por el motor M'. Este motor va a una velocidad constante - por lo que tenemos una proporción entre la longitud del papel y el tiempo transcurrido.

La instalación funcionó bastante bien durante los cuatro años que estuvo en marcha. Las faltas de registro en algunos días eran debidas a que los contactos colocados, al accionar las palancas, se desacoplaban y había que volverlos a acoplar, otros fueron debidos a la falta de fluido eléctrico y otros debido a que el calor reinante reblandecía las palancas (P) de plástico que al ser forzadas por las entradas y salidas de los vencejos quedaban dobladas y no ejercían el suficiente impedimento a las aves para que pudieran hacer contacto. - Por todo esto se llevaban a cabo revisiones periódicas del sistema electromecánico y un examen diario de los registros obtenidos que nos

permitía enterarnos de los fallos inmediatamente.

Los registros obtenidos de los rollos de papel eran pasados a unas gráficas diarias en las que las rayas verticales indican entradas o salidas según sean continuación de una raya horizontal superior o inferior respectivamente al eje que marca las horas del día. Las rayas horizontales más gruesas, si están en la parte superior del eje central indican el tiempo que están los dos vencejos fuera del nido y si están en la parte inferior indican tiempo que están los dos vencejos dentro del nido; elegimos este sistema por la incapacidad de diferenciar un vencejo del otro (gráfica 2.6.3.1)



Gráfica 2.6.3.1. Gráfica diaria imaginaria del registro de un día.

A tiempo que los dos vencejos están dentro del nido.

B tiempo que los dos vencejos están fuera del nido.

C tiempo que un vencejo está dentro del nido y C' indica el mismo tiempo pero del que está fuera.

E eje central, las divisiones representan las horas y el intervalo entre ellas se da cada 10 min.

a Primera salida del vencejo (1ºS).

b Salida del segundo vencejo

c Entrada en el nido de un vencejo a las 10h. 30 min.

d Salida del vencejo que entró antes a las 14h. 50 min.

e Entradas últimas del día, que en este caso se producen juntas, o sea, un vencejo entra segundos después del otro.

La nomenclatura utilizada en esta memoria para las variables de actividad medidas por el mecanismo electromecánico es la siguiente:

T_{2D} Tiempo que los dos vencejos están dentro del nido durante el día.

T_{2F} Tiempo que los dos vencejos están fuera del nido durante el día.

T_{F-D} Tiempo en que un vencejo está en el interior del nido y el otro en el exterior.

$$T_{2D} + T_{2F} + T_{F-D} = 24 \text{ h.}$$

NS Número de salidas producidas en el día.

NE Número de entradas producidas en el día, que será igual a la variable anterior (NS) si los dos vencejos pasan la noche en el interior del nido.

1ªS Primera salida producida en el día.

1ªE Primera entrada producida en el día (pueden estar los dos vencejos fuera o sólo uno).

UE Última entrada producida en el día.

En cuanto a las horas la norma que hemos seguido es la siguiente: si hablamos de horas y minutos ponemos los valores sin comas ni puntos por ejemplo 10 h. 30 min. será 1030 ; si se trata de decimas de hora pondremos 10,50 h.

2.6.4.-Descripción de la metodología de la observación en el interior de los nidos

Debido a la situación de todas las cajas se hacía muy difícil la observación de los vencejos en su interior sin que se dieran cuenta de ello. Para poder observarlos construimos una especie de "sacos" de tela de pana negra la cual no permitía pasar mucha luz a su través. En un extremo tenía una abertura que encajaba perfectamente con el diámetro de la caja por arriba, gracias a una goma elástica, en el otro extremo tenía un agujero por donde se introducía la cabeza y quedaba ajustada al cuello por otra goma elástica. Hacia la zona media del "saco" había dos orificios por donde se pasaban las manos quedando ajustados a la muñeca (foto 2.6.4.1).

De esta forma podíamos observar a los vencejos gracias a la luz que entraba por los agujeros de la caja. Este método tenía algunos inconvenientes :

1) no era completamente opaco a la luz, aunque la luz que podía pasar era muy poca y no molestaba a los vencejos .

2) al utilizarlo hacíamos ruido en la caja y debíamos esperar un poco hasta que los animales se tranquilizaran.

3) Tenía grandes inconvenientes con respecto al observador, -

pues la posición que se debía adoptar era cansada y pesada.

. Foto 2.6.4.1. Observación del interior de los nidos.

3.- RESULTADOS DE LAS ACTIVIDADES DIARIAS EN LOS LUGARES DE CRIA

3.1.- Actividades diarias durante el año 1.975

El estudio de este año permitió la confección de una tesina con el título "Contribución al estudio etológico de las Aves Apodiformes". La presentación de los siguientes datos ha sido motivada por la idea de una mayor facilidad de acceso a la información por parte de aquellos posibles interesados en este tema y el compendiar la experiencia recogida durante los cinco años que duró el estudio.

En este año, de las cuatro cajas controladas por el mecanismo electromecánico, sólo dos (nº2 y nº4) fueron ocupadas por parejas de vencejos que llevaron a cabo la cría, otras dos (nº3 y nº5) fueron ocupadas por vencejos que no llevaron a cabo cría de pollos (datos que no aparecen en la tesina). Además, fueron ocupadas tres cajas en las que no había instalación. El porcentaje de cajas habitadas que ocultaban los orificios anteriores es del 41,7% y el de cajas que no ocultaban nidos del 25%.

Las gráficas 2-75 y 4-75 nos muestran la actividad diaria de las dos parejas nidificantes, mientras que las gráficas 3-75 y 5-75 nos dan las actividades registradas posiblemente por vencejos antes del tercer año de vida y que iniciarían la incubación el siguiente verano.

Los vencejos se observaron este año por primera vez en Barcelona, el día 5 de Abril. De acuerdo con Weitnauer (1947), Lack (1951) y Bernis (1951), el número de ellos va incrementándose en el cielo los días posteriores a su aparición. Este incremento duró hasta el 29 de Abril, aunque esta fecha es algo incierta por lo difícil que es precisar cuando termina dicho aumento. Existe cierta incertidumbre de que los vencejos observados el día 5 fueran residentes de nuestra ciudad, por lo que tomamos como fecha de llegada, el inicio de las actividades

de ocupación de las cajas, que se produjo el día 18; por lo tanto este año el incremento duró aproximadamente once días.

Los datos sobre las fechas de ocupación de las cajas carecen de interés, excepto para la caja 4, pues fue la única que ya estuvo colocada y ocupada el año anterior y por lo tanto no se distorsionó la conducta de las aves. Sin embargo, si que es digno de destacar toda la conducta que siguió a la ocupación de las cajas y que está en relación con el sistema de orientación de los vencejos.

La modificación introducida con la colocación de las cajas fue adelantar 26 ó 52 cm. el agujero de entrada a los nidos antiguos con respecto al itinerario que las aves realizaban para introducirse en ellos, así como ocultar los agujeros de acceso al nido. Los vencejos, en sus intentos de entrada, realizaban o bien "pasadas" (vuelos rápidos muy cerca de los nidos) o bien se cogían en la pared, debajo de las cajas. Esta actividad es típica en los vencejos y la hemos visto realizar en las cajas que ocultan nidos y en las que no, así como debajo de cornisas, aleros, etc. Sin embargo, hay dos hechos que diferencian aquellos movimientos con esta actividad típica:

1º) Los intentos de entrada los hacían vencejos en número de uno o dos. La actividad típica siempre es llevada a cabo por varios vencejos (entre dos y siete).

2º) El momento en que se empieza a ver la actividad típica es a principios de Mayo (coincide con el aumento de vencejos en el cielo). Los intentos de entrada se dieron a partir del 18 de Abril (con la llegada de los primeros vencejos).

La ocupación de las cajas parece resultar de forma fortuita, por lo menos, en aquéllas que ocultan nidos naturales. El ave realiza vuelos rápidos y termina cogiéndose en la pared por debajo de la caja; sin embargo, en uno de estos vuelos se coge al agujero de aquélla y entra, a partir de este momento, el vencejo entrará asiduamente en ella.

Como hemos dicho antes, los datos más fiables sobre la fecha de ocupación de las cajas se refieren únicamente a la número 4, en

la que observamos un vencejo el 25 de Abril; dejamos un día para que se habituara a la caja y colocamos las palancas el 27, observando que entraron dos vencejos al atardecer, pudiéndose diferenciar por el tamaño. Durante los días 27-28-29 y 30 de Abril y 1-2-3 y 4 de Mayo, hicimos observaciones para poder individualizar la actividad de la pareja. Durante todos estos días, el último vencejo en entrar era el de tamaño menor y también el que salió más pronto los días 29-IV y 3-V, los demás días, como se observa en las gráficas 4-75, salen los dos al mismo tiempo, o sea, uno detrás del otro. El día 27-IV muestra una mayor actividad, observándose que de las cuatro entradas y sus correspondientes salidas, que se producen después de las dos primeras salidas del día, tres de aquellas son debidas al vencejo menor y la última entrada y salida al mayor. El día 3, colocamos una caja (nº 5) al lado de la nº 4 a unos 10 cms. de distancia (los agujeros a 20 cms.) y por la noche, un vencejo de la nº 4 entró en la nº 5. Al día siguiente, los dos vencejos salieron a la misma hora casi (0656) y tras realizar una pauta de conducta que hemos denominado de "conducción", cuya finalidad es la de enseñar al otro individuo de la pareja el agujero de acceso al nido, dejaron la caja a las 0940 hasta la noche.

El estudio de la actividad de estas aves durante su estancia en nuestras latitudes, demuestra que está muy relacionada con su biología, al igual que en otras aves, actuando el tiempo atmosférico sobre ellas de forma distinta según el estado fisiológico en que se encuentren. Por lo tanto, se hace necesario un conocimiento de la biología de estas aves para estudiar su actividad.

En este año, la biología de la reproducción de las parejas que nidificaron bajo nuestro control, queda expresado en la tabla 3.1.1.

Siempre que citemos datos y fechas se hará por orden del número de la caja, o sea el primer dato corresponderá a la caja nº 2 y el segundo a la nº 4.

El intervalo de puesta va desde el 5 al 18 de Junio, pero si excluimos una puesta que no eclosionó el intervalo se reduce del

5 al 11 de Junio.

	Huevos			Eclosión		
	1º	2º	3º	1º	2º	3º
2	5VI	8VI	-	25VI	26VI	-
3	-	-	-	-	-	-
4	5VI	7VI	-	25VI	26VI	-
5	-	-	-	-	-	-
6	-	-	-	-	-	-
7	7VI	9VI	11VI	30VI	2VII	2VII
8	-	-	-	-	-	-
9	18VI	20VI	-	-	-	-

Tabla 3.1.1. Datos de la puesta y eclosión de los huevos para todas las parejas que nidifican en cajas.

Hemos tomado como período de incubación el tiempo que va desde el último huevo puesto hasta que éste eclosiona (Drent 1975). Utilizamos esta definición porque durante dicho período se mantiene la actividad de incubación más constante. En este año el período de incubación es por término medio de 19,33 días y los pollos nacen desde el 25 de Junio hasta el dos de Julio. El período de cría dura hasta el 10 de Agosto.

Las gráficas de actividad diaria (2-75 y 4-75) para las dos parejas que criaron, se puede dividir en tres tipos con un patrón de actividad característico y que hemos denominado (Rodríguez-Teijeiro 1975).

Período I o preincubatorio

Período II o incubatorio

Período III o de crianza

3.1.1.- Período I o preincubatorio

El patrón de actividad para este período se puede resumir en el siguiente cuadro (3.1.1.1):

Caja	Fecha	T_{2F}	T_{2D}	T_{F-D}	1ªS	UE	NS
2	20V-4VI	10,38	12,73	0,88	7,2	18,68	2,6
4	2V-4VI	10,45	13,02	0,51	7,68	18,66	2,6

Cuadro 3.1.1.1

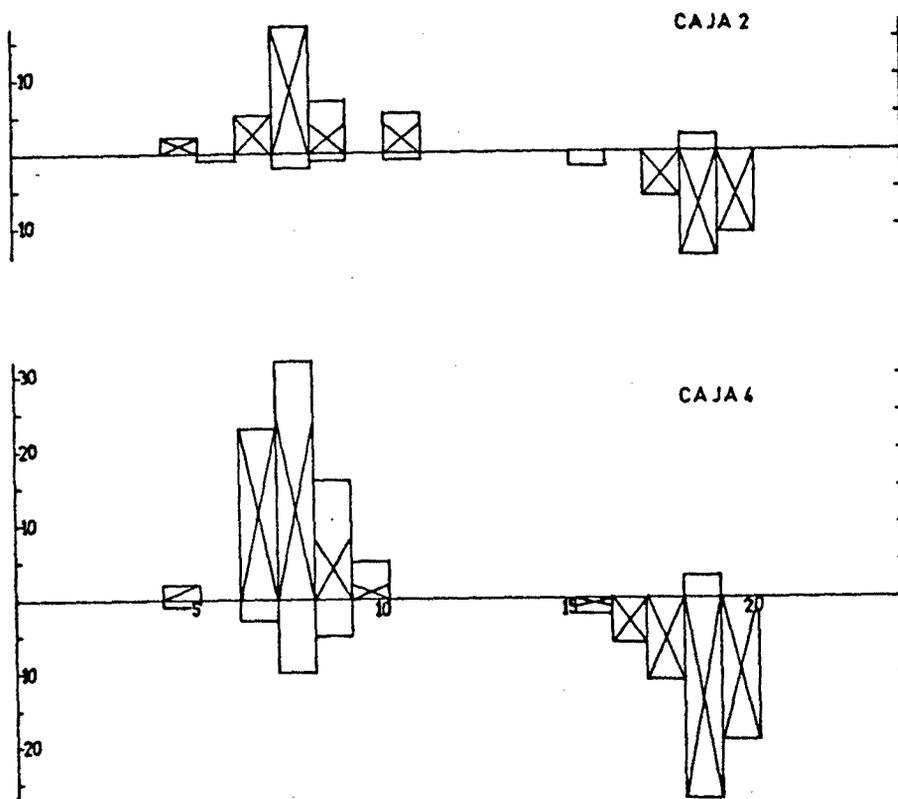
Las parejas de vencejos de las dos cajas en este período, son activas de una forma parecida y en general los dos individuos de la pareja realizan las mismas actividades, afirmación que es apoyada por el escaso valor de la variable T_{F-D} . El número de salidas y por lo tanto el de entradas se encuentra entre 2 y 3.

El tiempo en que un vencejo está dentro y el otro fuera de la caja (T_{F-D}) se divide en dos momentos a lo largo del día; el primero se sitúa inmediatamente después de la 1ªS con una duración media de 44 min. para la nº 4 y 7 min. para la nº 2 y el segundo es en general la diferencia entre las dos entradas de la pareja al anoecer que es como promedio de 18 y 24 min. respectivamente.

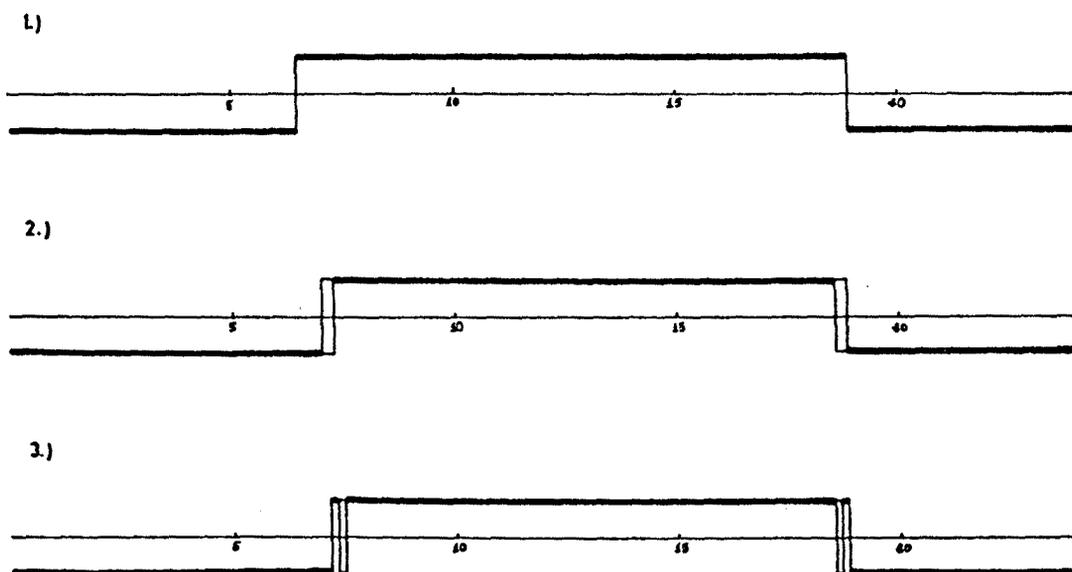
La representación de la actividad la hacemos en una serie de histogramas en los que en abcisas colocamos horas del día y en ordenadas, en el segmento positivo el número de salidas y en el negativo el número de entradas. La actividad para este período está representada en las gráficas 3.1.1.1 y 3.1.1.2, que muestran en aspa 1ªS y UE y en blanco actividades posteriores a las 1ªS y anteriores a las UE.

La actividad por la mañana se puede descomponer en cuatro formas generales (gráfica 3.1.1.3 y tabla 3.1.1.1):

- 1.) Las dos salidas se hacen una detrás de otra.
- 2.) Las dos salidas se hacen con un intervalo de tiempo de separación.
- 3.) Después de las dos primeras salidas se produce una entrada y una salida.
- 4.) Que se produzca alguna actividad distinta a las tres anteriores.



Gráficas 3.1.1.1 y 3.1.1.2. Histogramas de las actividades de entradas y salidas del periodo I.



Gráfica 3.1.1.3. Formas generales de actividad matutina y vespertina que se dan en las gráficas diarias.

res.

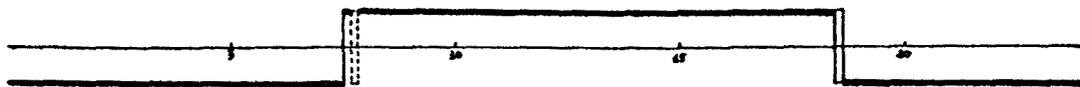
La actividad al atardecer puede presentar tres formas (gráfica 3.1.1.3 y tabla 3.1.1.1)

- 1.) que los dos vencejos entren juntos.
- 2.) que los dos vencejos entren separados por un intervalo de tiempo.
- 3.) que antes que se produzcan las dos entradas haya una entrada y una salida.

Forma general de actividad	Caja	Mañana	Tarde
1	2	68,75	12,50
	4	48,50	14,70
2	2	6,25	75,00
	4	18,20	73,50
3	2	25,00	12,50
	4	27,30	8,90
4	2	0,00	0,00
	4	6,00	0,00

Tabla 3.1.1.1. Porcentaje de días en que se dan las distintas formas generales de la figura 3.1.1.3.

Por lo tanto, fundiendo los datos de permanencia fuera o dentro del nido (T_{F-D}), número de entradas y salidas (NS) y la tabla 3.1.1.1 obtenemos que el patrón de actividad de esas aves en este período es el dibujado en la gráfica 3.1.1.4



Gráfica 3.1.1.4. Patrón de actividad del período I

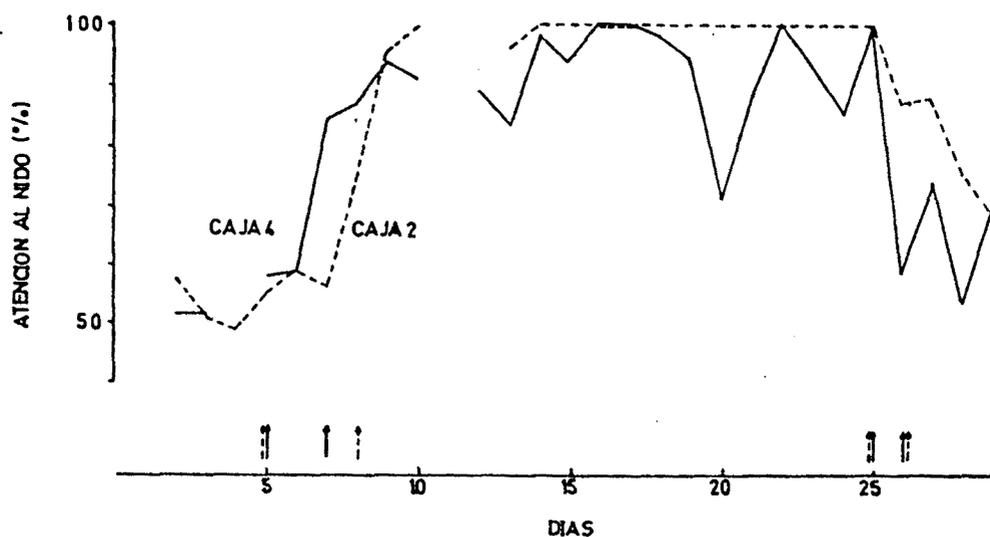
Esta actividad se mantiene hasta el día después de puesto el primer huevo; a partir de este momento, el tiempo que está ocupada

la caja por un vencejo aumenta considerablemente, dando así el patrón de actividad típico del período de incubación.

3.1.2.- Período II o incubatorio

las dos parejas controladas ponen el primer huevo entre los días 4 y 5 de Junio, no pudiendo precisar la hora de puesta, aunque según Lack (1951) se acostumbran a poner a primera hora de la mañana (la observación se realizó a las 0845). La caja nº 4 puso el segundo huevo el día 7 entre las 0854 y las 0951, mientras que la pareja de la caja nº 2 lo hizo el 8 de Junio.

La incubación se inicia en la caja nº 2 el día 8 de Junio precisamente con la puesta del segundo huevo, aunque no es total, ya que hay un 75,41% de atención (attentiveness); de la misma forma, la caja nº 4 inicia la incubación el 7 de Junio con la puesta del segundo huevo pero tampoco es completa (84,65% de atención)(gráfica 3.1.2.1).



Gráfica 3.1.2.1. Las flechas indican la puesta de huevos y la eclosión de los mismos.

El nacimiento de los pollos tiene lugar los días 25 y 26 de Junio (tabla 3.1.1), en las dos cajas, el hecho de que el nacimiento en la caja nº 4 se atrase un día con respecto a la nº 2 podría deberse, entre otras causas, a la menor atención al nido de la pareja - (gráfica 3.1.2.1).

La incubación es llevada a cabo por los dos individuos de la pareja sustituyéndose en esta labor a lo largo del día, no sabemos si la sustitución se lleva a cabo por la noche. No hemos observado nunca que un vencejo alimente al compañero en estas sustituciones, conclusión que ya corrobora las ya hechas por Weitnauer (1947) y D. y E. Lack (1952).

La actividad para este período está resumida en el siguiente cuadro (3.1.2.1):

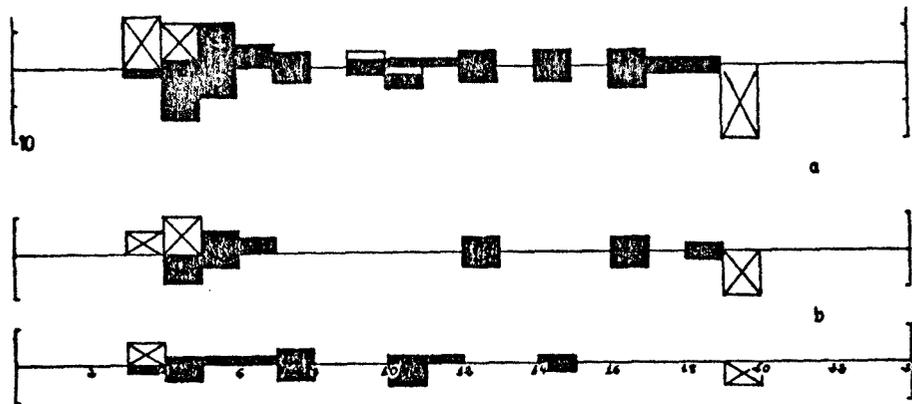
Caja	Fecha	T_{2F}	T_{2D}	T_{F-D}	1 ^º S	UE	NS
2	9VI-24VI	0,67	10,05	13,24	4,13	19,14	2,46
4	8VI-24VI	2,09	11,28	10,61	4,60	19,26	5,06

Cuadro 3.1.2.1. Valores de las variables de actividad del período II del año 1975.

La actividad es distinta en las dos cajas y se debe principalmente a ausencias de los dos individuos de la caja nº 4 del nido (T_{2F}). El aumento de T_{2D} se debe a una mayor tardanza en la salida del individuo sustituido de la caja (no necesariamente de la sustitución en la incubación) y al hecho de entrar los dos después de una ausencia en la incubación (ver gráficas diarias y discusión más adelante).

Hay bastantes variaciones diarias en este período, sobre todo en la caja nº 4. Hemos tomado como intervalo del 9 al 23-VI y no hemos tenido en cuenta los días 11-12-16-18 y 22-VI por presentar una actividad distinta, quizás debido a la lluvia, cuya relación estudiaremos más adelante. Las gráficas 3.1.2.2 y 3.1.2.3 muestran en oscuro las veces que se producen una entrada y una salida en una hora determinada y que tienen como finalidad la sustitución en la incubación; - en aspa indicamos las primeras salidas o las últimas entradas, en blanco se señalan aquellos movimientos que pensamos que no tienen que ver con la sustitución. La caja nº 4 presenta una gran actividad de este últi-

mo tipo, posiblemente debido al aprovechamiento del calor solar en beneficio de un mayor tiempo de alimentación (Drent 1975). Después de esta visión general haremos un estudio detallado por caja.



Gráfica 3.1.2.2. Histogramas de entradas y salidas de la pareja de la caja nº 2. a) los días que presentan dos sustituciones. b) tres - sustituciones. Explicación en el texto.

En la caja 2 podemos dividir los días en dos grupos según - el número de sustituciones (tabla 3.1.2.1) : aquellos que presentan dos (gráfica 3.1.2.2.a) y los que presentan tres (gráfica 3.1.2.2.b).

sust./día	nº días	días en que se producen
1	1	23VI
2	6	9,10,13,15,17 y 19VI
3	3	14,20 y 21VI
4	0	---
5	1	24VI

tabla 3.1.2.1

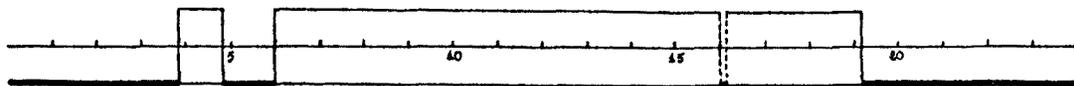
Definimos por intervalo de sustitución, el tiempo que va - desde el momento que se produce una entrada cuando otro vencejo está

dentro incubando, hasta la próxima salida. El intervalo de la primera sustitución tiene una duración media para los dos grupos de 74 min., mientras que el de las restantes es de 5 min. (sin contar el 20VI). La primera entrada se produce, por término medio, 39 min. después de la primera salida.

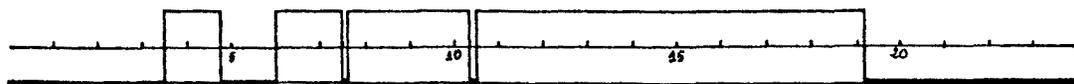
El tiempo entre sustituciones lo tomamos desde la salida de un vencejo hasta la siguiente entrada del mismo vencejo; durante este tiempo el vencejo se alimenta.

Tanto los días que presentan dos como tres sustituciones, la primera se da entre las 4 y 7 h. (más concentración en gráfica 3.1.2.2.a). Los días de dos sustituciones presentan la segunda (gráfica 3.1.2.2.a) en dos picos, uno de 12 a 13 h. y otro de 16 a 17 h. Si observamos las gráficas diarias de los días 16, 18 y 24 de Junio, observamos que la hora a la que hay actividad es de 1430 a 1530 lo cual nos hace pensar que la segunda sustitución se da de 16 a 17 h.

En los días de tres sustituciones (gráfica 3.1.2.2.b) la segunda se concentra de 7 a 8 h. y la tercera de 10 a 11 h. Por lo tanto, los patrones de actividad serán:



Gráfica 3.1.2.4. Patrón de actividad para dos sustituciones



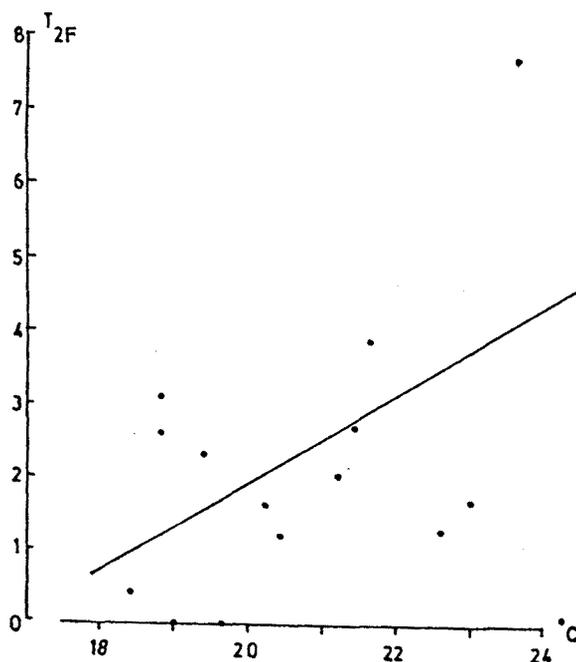
Gráfica 3.1.2.5. Patrón de actividad para tres sustituciones

La caja nº 4, como hemos mencionado antes, presenta en sus

gráficas de actividad diaria (gráfica 4-75) momentos en que está vacía; los días que no presentan estas ausencias son el 16 y 17, mientras que los demás días se producen con una duración media de 2,34 h. (extremos 0,41-7,73 h.); el momento del día en que se van con mayor frecuencia es de 11,50 a 18h. (83,3%) y a primeras horas de la mañana el 25%. El día 20VI se produjo la salida de los dos vencejos a las 0339 y 0545, hora - inusual y la única razón que encontramos fue la posible falta de alimento de las aves, pues en los tres días anteriores las condiciones meteorológicas fueron adversas y además la temperatura de este día fue elevada, con lo que las condiciones para la alimentación fueron buenas.

Si regresionamos la temperatura registrada por el termómetro seco a las 13 h. con el tiempo de ausencia (T_{2F}), sin tener en cuenta el día 14, encontramos que existe una relación lineal entre las dos variables (gráfica 3.1.2.6) cuya ecuación es:

$$\hat{y} = 0,62 x - 10,50 \quad r = 0,53 \quad p < 0,05$$



Gráfica 3.1.2.6. Relación entre la temperatura y el tiempo de ausencia (T_{2F}) de la pareja de la caja nº 4.

Esta relación fue intuita por D y E. Lack (1951) en sus observaciones, aunque no pudo comprobarla. El día 14 merece mención por que, siendo el día más caluroso del ciclo (26°C cuando la media es de 22,85°C), la ausencia sólo dura 30 min. Una posible explicación es - que el calor era muy elevado y las aves permanecen en el nido para - mantener constante la temperatura de los huevos (Drent 1975).

Los días lluviosos coinciden con una disminución de la actividad en cuanto a número de salidas y los períodos dentro del nido se hacen más largos.

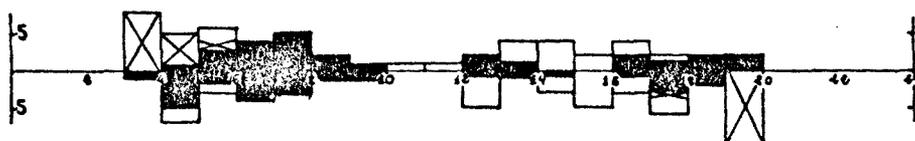
El número de sustituciones sin tener en cuenta dos días - en que no se produjo ninguna, tal y como nosotros la entendemos, es - de 2,8. (tabla 3.1.2.2).

sust./día	nº días	días en que se producen
0	2	19,20VI
1	1	10VI
2	1	17VI
3	4	9,14,15,21VI
4	2	13,23VI

tabla 3.1.2.2

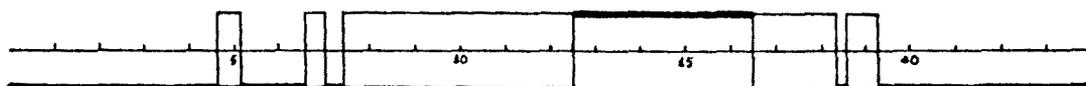
La primera salida se produce 24 min. más tarde que la de la caja nº 2. La primera entrada se produce 32 min. después de la primera salida y el intervalo de la primera sustitución es de 88 min. (un poco superior a la de la nº 2), mientras que para las demás sustituciones, el intervalo es de 23 min. ($s=0,43$), más tardías que las de la nº 2 y - que explican el aumento de T_{2D} (cuadro 3.1.2.1). La entrada de la última sustitución se produce por término medio 66 min. antes de la última entrada del día, aunque presenta cierta variabilidad sobre todo para - los últimos días del período de incubación. El tiempo entre la primera y segunda sustitución, como media, es de 24 min. ($s=0,6$). En las sali-

das, que como consecuencia dejan la caja sola, el 75% de las veces sólo regresa un vencejo, (ver en gráficas diarias los días 20 y 25) y el 25% regresan los dos (ver días 13 y 14); no podemos decir si el vencejo - que sale es el mismo que vuelve al cabo de unos minutos, sin embargo, - lo que acontece el 13VI es significativo, ya que después de la primera salida se producen a los 78 min. dos entradas. Lo mismo sucede el día 14 pero sólo con una diferencia de 30 min. y es difícil pensar que el día 24 algunas de las salidas y entradas que se dan entre las 1405 y - 1737 no sean producidas por la misma ave.



gráfica 3.1.2.3. Histograma de entradas y salidas de la pareja de la caja nº 4.

De todos los datos dados y fijándonos en la gráfica 3.1.2.3 podemos dar el patrón de actividad como sigue:



Gráfica 3.1.2.7. Patrón de actividad del período II de la pareja de la caja nº 4.

Este patrón es parecido al de la caja nº 2 con tres sustituciones, o sea, la actividad de la mañana se da igual, pero con el acercamiento de las sustituciones en los momentos crepusculares del día. En la zona media se produce la ausencia del nido.

3.1.3.- Período III o de crianza

Como ya hemos comentado, los pollos de las dos cajas nacie-

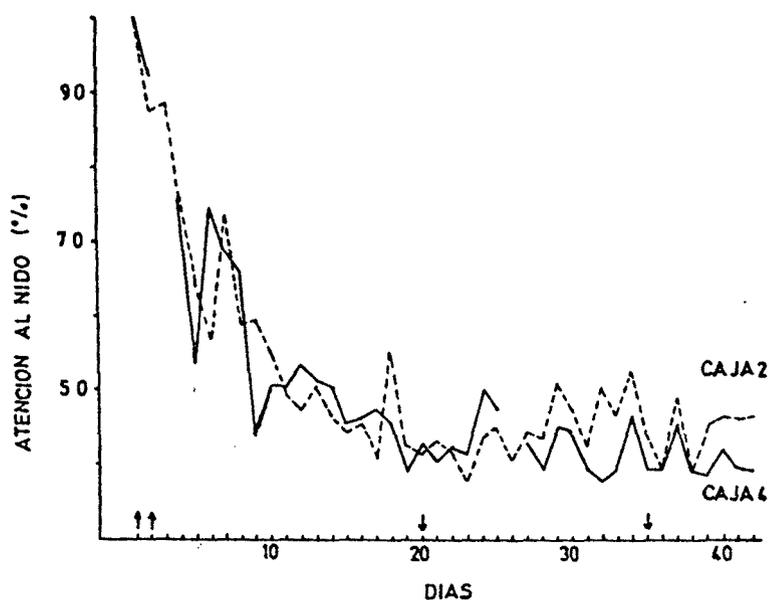
ron en los mismos días. En la caja nº 2 el primer nacimiento se da en tre las 1030 y 1200 del día 25 y el segundo pollo entre las 1300 y - 1500 del día 26; de la otra caja no tenemos horas concretas. El paso de actividad del período II al III es paulatino.

Los pollos son alimentados enseguida, después del nacimiento. Los adultos recogen insectos que van aglomerando, formando una bo la que mantienen en la garganta debajo de la lengua. Esta colocación del alimento hace que sean distinguibles en vuelo fácilmente los criado res por la silueta "hinchada" de la cabeza. Para darles el alimento, el vencejo se coloca sobre los pequeños y les toca con el pico en la parte posterior del cuello y dorso; entonces, los pequeños cogidos al nido por las garras, que ya son funcionales, elevan el cuerpo y abren la boca emitiendo un sonido débil e intermitente. El adulto introduce el pico y expulsa la bola que es tomada por el pollo. Según D. y E. - Lack (1951), si la bola es muy grande se le dan por partes o bien la reparten entre los individuos de la pollada. Cuando los pequeños tienen varios días de vida, el adulto da una bola a un sólo individuo y nunca la reparte entre los demás. Tampoco hemos observado que durante la crianza un adulto alimente al otro. Después de haber comido, el po llo queda quieto con el cuello estirado y no responde a ningún estímulo. La boca del pequeño no presenta ningún tipo de coloración llamati va, siendo blanca con los bordes negros.

Durante los primeros tres o cuatro días, los padres toman en su boca los excrementos que los pollos depositan en los bordes del nido, pero no sabemos si los expulsan al exterior o los comen. En los días siguientes, los excrementos aparecen por toda la caja siendo muy abundantes al final del período. D. y L. Lack (1951) observa que los pollos con tres o cuatro semanas de vida, aunque no siempre se dirigen a la entrada de la caja, giran y defecan al exterior. Nosotros no hemos observado esta conducta y tampoco hemos visto excrementos en el - suelo debajo de los agujeros. Esto quizás sea debido a que el agujero está más alto que el suelo de la caja y dificulte la expulsión al ex-

terior (observaciones de estas defecaciones en el suelo las hemos hecho en colonias de los acantilados, en las que los nidos estaban en los bordes de una cornisa).

Durante este período hay dos actividades típicas que se dan con una frecuencia distinta a lo largo del día y a lo largo de los días. Una de ellas, la hemos denominado de sustitución por tener el mismo patrón que la del período II, aunque la función es el calentamiento de los pollos más su alimentación; la otra, la llamamos de alimentación y su patrón es una entrada y una salida seguidas, producidas por el mismo individuo. Su función es exclusivamente la alimentación y es típica de este período.



Gráfica 3.1.3.1. Atención al nido durante el período III. Las flechas hacia arriba marcan el nacimiento de los pollos y las que van hacia abajo la muerte de los mismos.

La atención al nido para las cajas n° 2 y n° 4 queda reflejada en la gráfica 3.1.3.1 en la que observamos un descenso brusco en los primeros siete días de vida de los pollos, aunque la media es elevada, 78,1% y 76,6% (subperíodo 1º). A continuación, hay un descenso

de menor grado hasta el día 15, con media 51,34% y 51,50% (subperíodo 2º). Finalmente hay un período de atención más o menos constante, con media 45,06% y 42,20% (subperíodo 3º), (el período medio de descanso de los vencejos es del 34,6%).

	Fecha	T_{2F}	T_{2D}	T_{F-D}	1ªS	UE	NS
Subp.1º	25VI-2VII	5,99	9,60	8,40	3,97	19,87	12,12
Subp.2º	3VII-8VII	11,46	9,52	2,51	3,92	19,84	8
Subp.3º	9VII-30VII	13,70	8,95	1,33	4,46	19,73	6,84

Cuadro 3.1.3.1.a. Valores de las variables de actividad del período III de la caja nº 4

	Fecha	T_{2F}	T_{2D}	T_{F-D}	1ªS	UE	NS
Subp.1º	25VI-2VII	5,84	9,12	9,07	3,65	19,74	10,62
Subp.2º	3VII-8VII	11,66	9,52	2,88	4,87	19,76	7,33
Subp.3º	9VII-30VII	13,16	9,18	1,64	4,69	19,71	6,56

Cuadro 3.1.3.1.b. Valores de las variables de actividad del período III de la caja nº 2

En el cuadro 3.1.3.1.a.b. podemos observar que la variable T_{F-D} diferencia por sus cantidades el subperíodo 1º del 2º y 3º y se debe a que en aquél hay mucha actividad de sustitución. Si observamos la primera salida y última entrada media, obtenemos un tiempo de descanso de 8,1 h. en el caso de la caja nº 2 y 7,91 h. para la nº 4. Sin embargo, la variable T_{2D} es igual a 9,6 y 9,12 h. respectivamente, lo que quiere decir que los dos vencejos permanecen un tiempo adicional de 0130 aproximadamente dentro del nido durante el día. La variable T_{2F}

diferencia también claramente este subperíodo de los otros dos, la diferencia se debe también a la mayor actividad de sustitución.

El 2º y 3º subperíodo son los más afines aunque hay también notables diferencias. La variable T_{F-D} sigue descendiendo y se debe a que desaparece la actividad de sustitución en el subperíodo 3º ya que disminuye el número de salidas (NS). También se observa que el tiempo adicional de permanencia de los dos vencejos en el nido disminuye mucho para el subperíodo 3º (hecho que se observa sobre todo en la caja nº 4).

La distribución de estas variables y actividades a lo largo del día, como veremos más adelante, también nos diferencia ostensiblemente estos tres subperíodos.

3.1.3.1.- Subperíodo 1º

En el subperíodo 1º tenemos las siguientes características obtenidas a partir de las gráficas diarias (4-75 y 2-75).

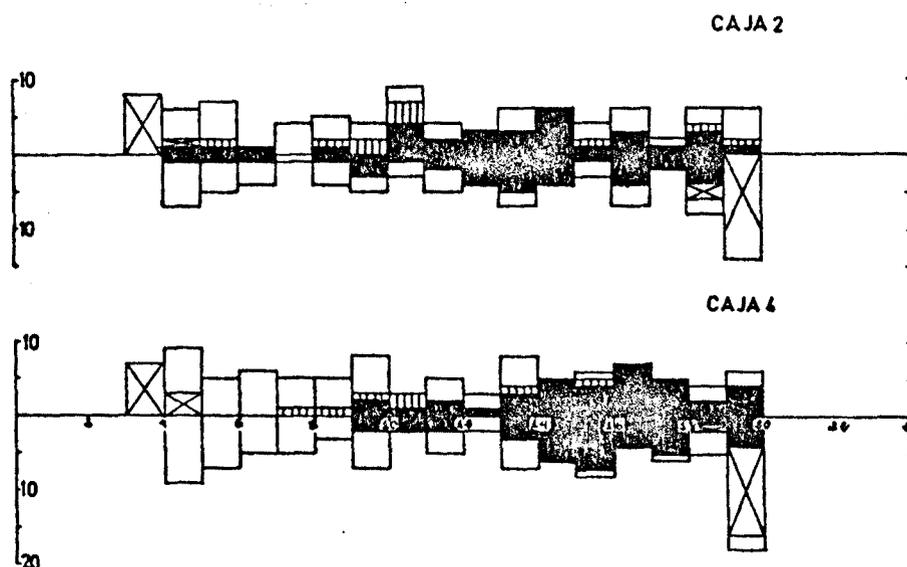
El período de ausencia se inicia por la tarde y se va prolongando hacia la mañana, pudiendo decirse que ocupa un intervalo que va desde las 0900 hasta las 1900. Hemos descontado de los cálculos los días 29 y 30VI por presentar un mayor tiempo de ausencia y la actividad de alimentación más avanzada hacia las primeras horas, siendo significativo señalar que son dos días muy calurosos (27,4°C. siendo la media 26,4°C.). El porcentaje de ausencias del nido desde la primera salida hasta las 1200 es de 14,2% y 6,15% mientras que desde las 1200 hasta la última entrada es del 41,13 y 35,09%. Las gráficas 3.1.3.1.1 muestran el histograma de las actividades de este subperíodo para las dos cajas. Las de alimentación están en oscuro y se encuentran distribuidas por la tarde. En la caja nº 2 tiende a haber una agrupación entre las 1000 y 1700 cosa que no ocurre en la nº 4 ya que se distribuye bastante uniformemente a partir de las 1300.

El número de alimentaciones entre la primera salida y las 1200 va de 0 a 2 y de las 1200 hasta la última entrada es de 1 a 7. El intervalo de sustitución dura 15 min. así como el de alimentación.

La actividad en general (gráfica 3.1.3.1.1) está bastante uniformemente distribuida, aunque con un ligero aumento hacia los crepúsculos.

Resumiendo los datos expuestos más arriba, diremos que las actividades de sustitución predominan por las mañanas, mientras que a partir de las 1000 predominan las de alimentación. El abandono de la caja por parte del adulto que estaba incubando se da entre las 0900 y 1100 (rayado en las gráficas 3.1.3.1.1).

Es destacable que en 10 días de los 14, en las dos cajas, los vencejos entran casi juntos entre las 1300 y 1500 para alimentar a los pequeños (gráficas diarias 2-75 y 4-75).



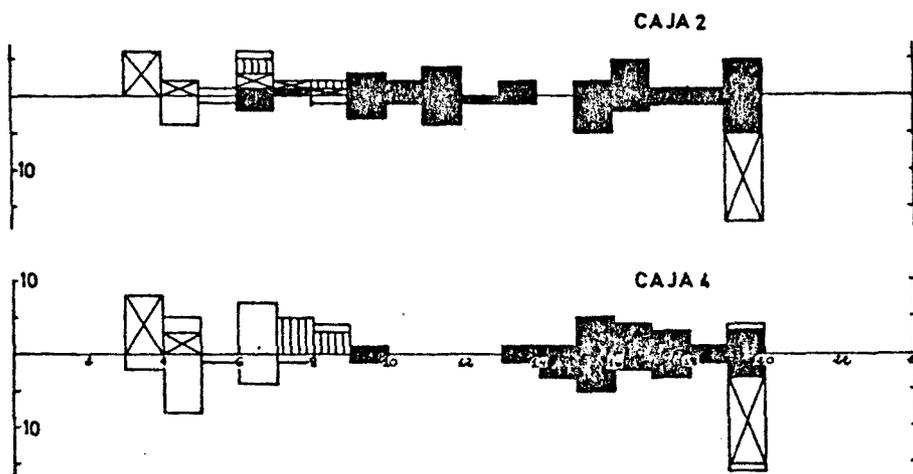
Gráfica 3.1.3.1.1. Histogramas de entradas y salidas que se producen en el subperíodo 1º para las parejas de las cajas nº 2 y 4. En aspa primera salida y última entrada. En blanco actividades de sustitución. En negro actividades de alimentación y en rayado salidas del único individuo que está en el nido.

No podemos realizar una gráfica del patrón de este subperíodo por ser muy variable (sobre todo en la parte final del día), quizás con el estudio de más años se logre establecer el patrón, aunque la tendencia y la situación en el día de las actividades son muy claras.

3.1.3.2.- Subperíodo 2º

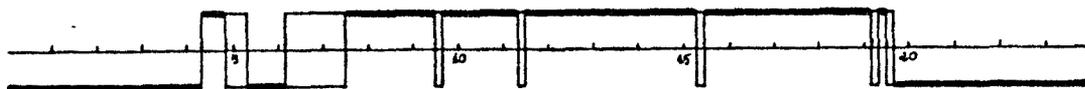
El subperíodo 2º tiene el mismo aspecto que el 1º pero con un incremento del tiempo fuera (T_{2F}) que se distribuye de la siguiente forma: de la primera salida a las 0700, 29 y 25 min. y de las 0700 hasta la última entrada, 1110 y 1056.

Los dos vencejos salen juntos en la primera salida y esto motiva el valor de la variable T_{2F} encontrado entre la primera salida y las 0700, después entra uno y se inician las sustituciones que en el caso de la caja nº 4 es de 2, mientras que en la caja nº 2 sólo se producen sustituciones tres días (2-3 y 7-VII), los demás se caracterizan por presentar solamente actividades de alimentación. Esto provoca que el número de alimentaciones para la caja nº 2 (4,57) sea mayor que el de la caja nº 4 (3,47), aunque el número de salidas es parecido en las dos (cuadro 3.1.3.1.a.b). El intervalo de alimentación (8 y 6 min.) es menor que el dado para el primer subperíodo y se debe a que los pollos se alimentan más rápidamente. En las gráficas 3.1.3.2.1 se observa la misma tendencia a la crepuscularidad de la caja nº 4 y una tendencia menor en la nº 2.



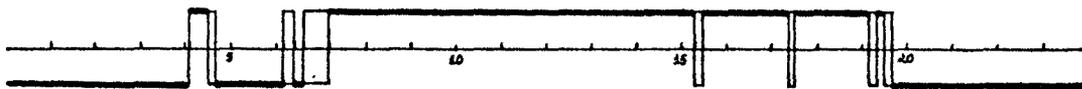
Gráfica 3.1.3.2.1. Histogramas de entradas y salidas que se producen en el subperíodo 2º para las parejas de las cajas nº 2 y 4. Simbolismos especificados en la gráfica 3.1.3.1.1

El patrón de actividad teórico de la caja nº 2 es:



Gráfica 3.1.3.2.2. Patrón de actividad teórico del subperíodo 2º de la pareja de la caja nº 2.

Y el patrón de la caja nº 4 es:



Gráfica 3.1.3.2.3. Patrón de actividad teórico del subperíodo 2º de la pareja de la caja nº 4.

3.1.3.3.- Subperíodo 3º

Al inicio de este subperíodo los pollos tienen 14 y 15 días de vida. El día 14VII muere el segundo pollo de la caja nº 4 y el 29VII el segundo de la nº 2.

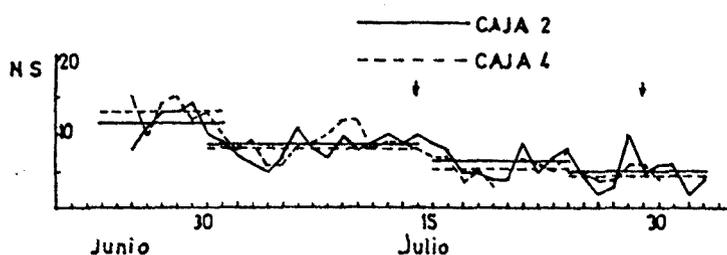
Hay tres factores que se modifican a lo largo de este subperíodo y están muy relacionados con su actividad.

1) Número de pollos de la nidada.-

Como hemos dicho disminuye a lo largo del período por la muerte de alguno de sus componentes.

Los pollos cuando les falta alimento se mueven, salen del nido, y con frecuencia caen al exterior, esta salida es muy común cuando el pollo tiene más de 20 días. La disminución de la nidada conlleva una disminución de los requerimientos energéticos y por lo tanto un descenso de la actividad. Este descenso queda patente en la gráfica 3.1.3.3.1 en la que se observa que la media (línea horizontal) en el

período entre el 15 y 24VII es superior en la caja nº 2 (2 pollos) que en la nº 4 (1 pollo), aunque no es estadísticamente significativo - (U = 32,5 NS).



Gráfica 3.1.3.3.1. Relación del número de salidas (NS) entre las dos parejas en el período III o de cría. Las flechas indican la muerte de un pollo de la nidada. Las líneas horizontales indican la media del período que comprenden.

2) Biología del crecimiento de los pollos.-

Los pollos aumentan de peso hasta 34 (caja nº 4) y 31 (caja nº 2) días de vida, a partir de los cuales se mantiene algunos días constante e inicia después un descenso hasta el día de la partida que fue el 6VIII para la caja nº 2 y el 7VIII para la nº 4.

Es de destacar que estas salidas se realizaron al anochecer, a las 1930 y 2000 respectivamente, datos que no están de acuerdo con Lack que observa las primeras salidas de vencejos antes de las 0800 de la mañana. Los adultos dejan de realizar actividades de alimentación a partir del día 4VIII en las dos cajas. La pareja deja la caja en días distintos, el primer vencejo se va el 4VIII y el 31VII para las cajas 2 y 4 respectivamente, mientras que el segundo lo hace el 6VII para las dos cajas.

3) Variables atmosféricas.-

Estas variables actúan durante toda su estancia estival; la lluvia actúa de una manera importante disminuyendo el número de alimentaciones (ver días 17,25,26 y 27VII). Por su importancia, la acción de estas variables será estudiada en un apartado de esta memoria.

Por lo dicho anteriormente, hemos tomado el intervalo del estudio entre los días 9 y 24VII. No hemos tenido en cuenta los días 18 y 19VII, ya que un vencejo permanece fuera de la caja nº 2 por la noche y lo mismo para la caja nº 4 los días 17 y 18VII. El vencejo - que pasa fuera la noche regresa por la mañana a primera hora, permanece en el nido un rato y vuelve a salir para realizar las actividades normales. Es de destacar, que a partir del 14 hasta el 24VII el número medio de alimentaciones en la caja nº 4 es de 6,85, mientras que en la nº 2 es de 7,22; diferencia no significativa ($U = 32,5$ NS) si tenemos en cuenta que una pareja alimenta a un pollo y la otra a dos.

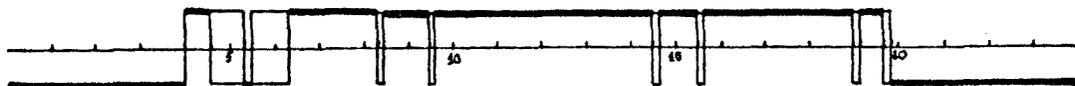
En la caja nº 2 hay dos actividades características, una - que se da los días comprendidos entre el 9 y 15VII y el 24VII y otra - los días comprendidos entre el 16 y 23VII.

En la primera, los dos vencejos salen juntos ($x = 4$ h. $s = 0,26$) y regresan a la caja 40 y 73 min. después de la primera salida, (1ªS), a continuación, pasan un tiempo en el interior de ella para volver a salir por separado, el resto del día no se encuentran, salvo excepciones, en la caja. El porcentaje de tiempo que ocupan la caja por la mañana entre la primera salida (1ªS) y las 7 h. es del 50,3% (1,51h.) dándose dos entradas, mientras que desde las 7 h. hasta la última entrada es del 8,1% (1,01 h.) dándose 4,87 movimientos de alimentación. El intervalo de alimentación dura como media 11 min. (si eliminamos algunas alimentaciones que duran mucho tiempo, queda en 6 min.). La diferencia de tiempo entre las dos últimas entradas es de 5 min.

La gráfica 3.1.3.3.2.a recoge el histograma del primer tipo de estas actividades. El patrón teórico para este primer tipo de actividad se muestra en la gráfica 3.1.3.3.3.

En la segunda, los vencejos salen separados (primera salida a las 4,72h. $s = 0,73$) y no se vuelven a encontrar en la caja, iniciando en el momento de la salida las actividades de alimentación típicas. La primera actividad de alimentación tiene normalmente un in-

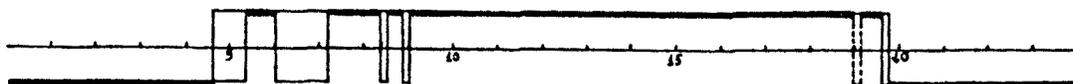
tervalo más amplio (48 min.) que las demás del resto del día (5 min.), desde la primera salida hasta las 7 h. hay una actividad de alimentación, mientras que de las 7 h. hasta la última entrada hay 4,1 (si no contamos el 21VII que es un día de actividad muy elevada, hay 3,7).



Gráfica 3.1.3.3.3. Patrón del primer tipo de actividad del subperíodo 3º de la pareja de la caja nº 2.

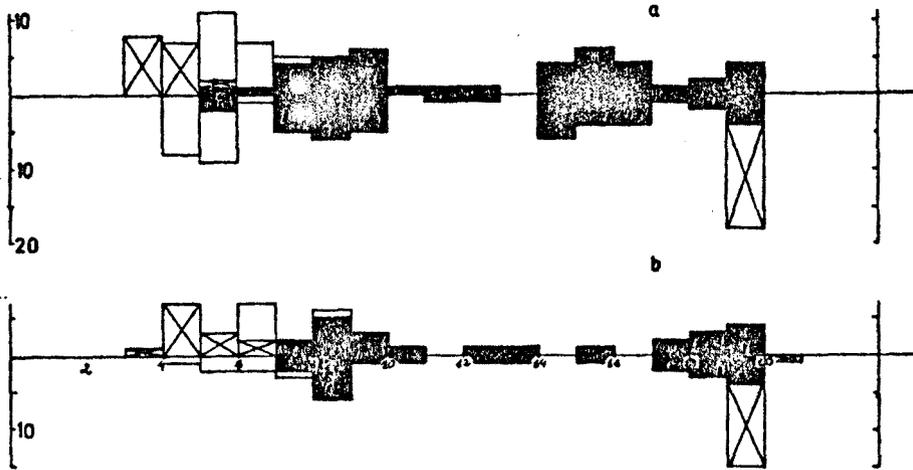
En la gráfica 3.1.3.3.2.b está representado el histograma de estas actividades (los valores que aparecen entre las 10 y 13 h. se deben al día 21VII), al anochecer se puede dar una alimentación entre las 18 y 20 h.

La tercera alimentación del día es más variable pudiéndose dar de 7 a 8 ó de 9 a 10 h.

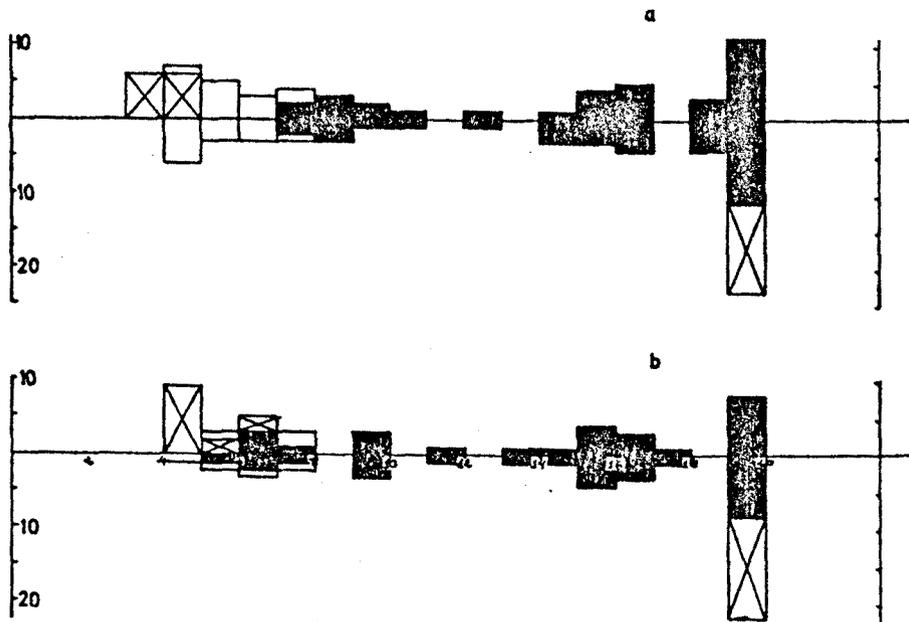


Gráfica 3.1.3.3.4. Patrón del segundo tipo de actividad del subperíodo 3º de la pareja de la caja nº 2.

En la caja nº 4 se observan también las dos actividades. Los días 9,10,11,12,14 y 24VII actúan como el primer patrón, mientras que los días 13,15,16,21,22 y 23VII como el segundo. Todos estos días presentan mayor variación que la encontrada para la caja nº 2. La gráfica 3.1.3.3.5.a muestra el histograma de los días en que la pareja actúa como el primer patrón; existe una gran semejanza con la gráfica 3.1.3.3.2.a en la concentración de las actividades. El número medio de

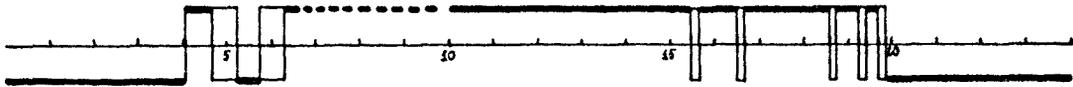


Gráfica 3.1.3.3.2. Histogramas de las entradas y salidas de la pareja de la caja nº 2 en el subperíodo 3º. a) actividades del primer tipo, en blanco se muestran las actividades de la primera salida hasta las 7 h. b) actividades del segundo tipo, en blanco se muestra la primera actividad de alimentación. Con aspa se indican las primeras salidas y últimas entradas y en oscuro las actividades de alimentación.



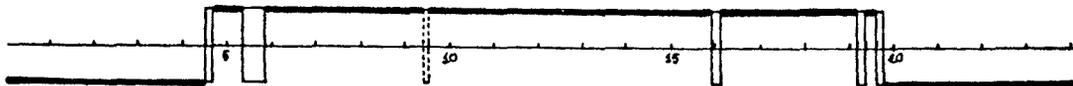
Gráfica 3.1.3.3.5. Histogramas de las entradas y salidas de la pareja de la caja nº 4 en el subperíodo 3º. a) actividades del primer tipo. b) actividades del segundo tipo. Los símbolos están indicados en la gráfica superior.

alimentaciones es de 5,5 y quedan bien especificadas 4, que se dan a partir de las 15 h., sin embargo, las actividades de alimentación que se producen entre las 7 y 10 h. no son constantes en los distintos días y no podemos precisar su situación ni el número de ellas. La primera salida se produce a las 4,03 h. ($s = 0,12$) y por lo tanto el patrón será:



Gráfica 3.1.3.3.6. Patrón del primer tipo de actividad del subperíodo 3º de la pareja de la caja nº 4.

La gráfica 3.1.3.3.5.b nos da el histograma del otro patrón para la caja nº 4, el intervalo de la primera alimentación es mayor en cuatro días con una media de 34 min., los demás (dos días) es igual que para las del resto del día (5 min.). El número de alimentaciones es de 4,1 (si no contamos el 13VII, es de 3,6) y la segunda alimentación se puede dar de las 6 a las 8 ó de 9 a 10 h.



Gráfica 3.1.3.3.7. Patrón del segundo tipo de actividad del subperíodo 3º de la pareja de la caja nº 4.

Este patrón de actividad se inicia en la caja nº 4 después del día 14, a partir del cual sólo hay un pollo. De la misma forma pero con disminución del número de alimentaciones (en general las dos últimas de la mañana) se mantiene el resto del período de crianza.

3.1.4.- Actividades en los lugares de nidificación de vencejos no

criadores

Poco material bibliográfico hay sobre este tema. En general, Weitnauer (1947), D. y E. Lack (1951), Koskimies (1950) y De Graaf (1947 y 1951) concuerdan en afirmar el carácter errante de los vencejos menores de tres años y los hacen responsables de las últimas llegadas a los lugares de cría, de las primeras partidas en migración, de los movimientos nocturnos y en general, de una falta de constancia en el lugar de cría característica de esta edad.

Cogimos un vencejo el día 1V cuando realizaba "pasadas" cerca de la caja nº 2, marcándolo con pintura debajo del ala izquierda. - Posteriormente el día 4V lo recuperamos al introducirse en un hueco que había entre la caja nº 1 y la pared (figura 3.1.4.1), colocándole una anilla con una chapa roja que le colgaba 1 cm. por debajo de la pata; - esto nos permitía poderlo seguir con bastante facilidad cuando volaba.

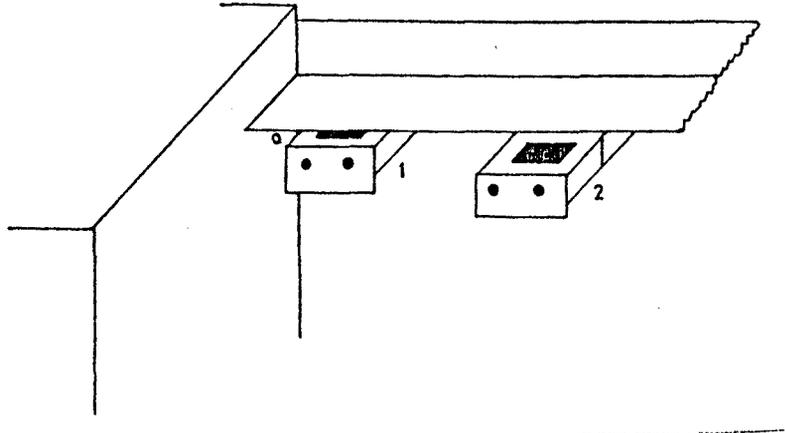


Figura 3.1.4.1. Lugar donde se capturó un vencejo que anillamos (o).

El día siguiente entró en la caja nº 5 pasando la noche en ella; esta actividad duró hasta el día 13V en que se apareó con un vencejo que entraba en la caja nº 2. Es interesante hacer notar que, durante el comportamiento de conducción, este vencejo se equivocaba y en vez de entrar en la nº 2 lo hacía en la nº 1, lugar en el que lo capturamos - cuando le colocamos la chapa roja (figura 3.1.4.1).

Las gráficas de la caja nº 5, desde el 7V hasta el 13V, nos marcan la actividad del vencejo antes del apareamiento. Como se observa, el ave entraba y salía regularmente de la caja. La salida media, es estos días, para esta ave que no estaba apareada es a las 6 h., mientras que por las mismas fechas en la caja nº 4 la primera salida era a las 0723, es decir, había una diferencia de 0123 entre las dos salidas.

El día 7V anillamos otro vencejo en la misma caja (nº 1) y en el mismo lugar que el anterior (figura 3.1.4.1); de la anilla colgamos una chapa blanca. El mismo atardecer vimos a esta ave intentar entrar en unas cajas colocadas en otra casa (50 m. más alejadas), cuyos agujeros se abrían en dirección Este; posteriormente, lo hizo dos veces en las cajas situadas en el lugar de captura; después, en otras que estaban en dirección Oeste a unos 50 m. de distancia y aún intentó entrar en otros dos lugares más, antes de perderlo de vista por lo avanzado del crepúsculo.

El 9V intentó entrar en las cajas situadas a 50 m. de donde lo capturamos, cuyos orificios se abrían en dirección Este. El 10V intentó entrar por la mañana en la caja nº 4 que estaba ocupada; al anochecer no lo observamos.

El 4VI entró por la mañana a las 0730 en una caja cercana al lugar de captura y volvió a salir.

El 26VI se observó intentando entrar en la caja nº 3.

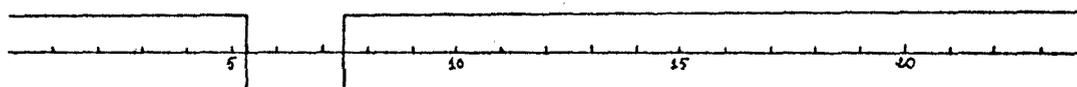
Todos estos datos nos muestran el carácter errante de estos vencejos que no crían, y es curioso que de las 5 observaciones realizadas, sólo en una lo hallamos visto entrar en una caja y las demás observaciones realizadas eran intentos en nidos que ya estaban ocupados por vencejos.

Los vencejos inician la reproducción al tercer año de vida (Weitnauer, 1947 y 1975, Perrins 1971), por lo que posiblemente son los que producen estas actividades.

Por todas estas observaciones realizadas, no podemos afirmar que los movimientos registrados en la caja nº 3 (gráficas diarias

3-75) puedan ser debidos a los mismos vencejos, sino que son actividades típicas de estos vencejos errantes.

Los datos que podemos extraer son que esta actividad se concentra exclusivamente por las mañanas (excepto el día 9VII) y el momento oscila entre las 4 y 9 h., dándose el valor medio de la primera entrada hacia las 5,38 h. y el de la salida hacia las 7,31 h. Solamente en dos ocasiones (13 y 16VII) entran dos vencejos. Los vencejos utilizan la caja 18 días de los 29 en que se desarrolla esta actividad. El patrón de estas actividades es:



Gráfica 3.1.4.1. Patrón de actividad de los vencejos no criadores.

La actividad registrada en la caja nº 5, en el mes de Julio, es muy interesante porque nos muestra la actividad de una pareja no - criadora y que posiblemente se formó este año. El inicio de la ocupación registrado por nosotros fue el 4VII, en que un vencejo solitario entró a las 0825 después de dos o tres vuelos rápidos y salió a las 0830; vuelve a entrar a las 0857 y sale a las 0906. Por la noche no entró - ningún vencejo. El 7VII entraron dos vencejos entre las 0630 y 0700 y por la noche estaban en el interior de la caja. No se recogieron datos el día 8VII. El día 9VII colocamos las palancas iniciando el registro hacia las 1200. Como se observa en las gráficas 5-75 la actividad de - los vencejos es idéntica a la actividad de una pareja nidificadora en el período I, por lo que se ajusta bien el patrón de actividad para este período.

En el cuadro 3.1.4.1 exponemos la media de las distintas variables exceptuando los días 12 y 21VII, en que un vencejo no pasa la noche en la caja.

El cuadro 3.1.4.1 presenta divergencias con respecto al cuadro 3.1.1.1y estriban en la primera salida y última entrada; la pareja

sale más pronto y entra más tarde de lo que corresponde al período I y por lo tanto T_{2D} se acorta y T_{2F} se alarga.

Caja	Fecha	T_{2F}	T_{2D}	T_{F-D}	1ªS	UE	NS
5	10VII-23VII	12,93	10,00	1	5,21	19,58	3

Cuadro 3.1.4.1. Valores de las variables de actividad de una pareja de vencejos no criadores.

La primera salida de esta pareja no criadora se produce un poco más tarde que la del resto de las parejas controladas en estas fechas y la última entrada se realiza un poco más pronto. Las demás variables NS y T_{F-D} se corresponden con el Período I de las criadoras.

Los días 12 y 21VII, el vencejo que pasa la noche fuera de la caja entra momentos antes de la primera salida. Lo mismo ocurrió los días 19 y 18VII para las cajas nº 2 y 4 respectivamente, aunque las entradas fueron posteriores a las primeras salidas. Este hecho, registrado este año en sólo cuatro ocasiones, fue expuesto por Poncy (1928) que dice "los vencejos machos y posiblemente individuos no criadores, a menudo, dejan el nido por la noche y regresan por la mañana simultáneamente con la primera salida de la hembra." Por lo tanto, este hecho observado por Poncy es corroborado por nuestros datos (no sabemos como pudo discernir el sexo de las aves).

El día 24VII capturamos los vencejos de esta caja para anillarlos y este mismo día abandonaron la caja. Son aves bastante reacias, y hay que añadir a este comportamiento huidizo, lo cercano de la migración y el hecho de ser una pareja nueva al nido.

Debido a este recelo y siguiendo el mismo criterio de D. y E. Lack (1951), no hemos querido seguir anillando vencejos en los años sucesivos (según Perrins 1971 si el anillamiento se hace antes del inicio de la migración los vencejos regresan al año siguiente con bastante frecuencia).

3.1.5.- Variables climatológicas

El servicio metereológico nacional tiene publicadas unas tablas que dan la media por meses de las siguientes variables climatológicas:

- \bar{T} Valor medio de la temperatura media diaria en °C.
- \bar{T}_M Valor medio de la temperatura máxima diaria en °C.
- \bar{T}_m Valor medio de la temperatura mínima diaria en °C.
- \bar{R} Precipitación máxima en el mes en l./ m²
- D_R Número total de días de precipitación
- \bar{I} Valor medio del número total de horas de sol despejado
- \bar{H} Humedad relativa media en %

Estas medias se han obtenido de los registros desde 1931 a 1960 y consideramos interesante incluir la media de estas variables de los meses que están los vencejos en nuestras latitudes. De esta forma, podemos compararlas con las obtenidas cada año estudiado por nosotros.

Meses	\bar{T}	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\bar{R}	D_R	\bar{I}	\bar{H}
Mayo	18	22	14	52	10	252	68
Junio	22	25	18	42	8	278	67
Julio	24	28	21	29	6	313	67

Tabla 3.1.5.1. Valores medios desde 1931 a 1960 de las variables atmosféricas.

Comparando las tablas 3.1.5.1 y 3.1.5.2 podemos observar que el mes de Mayo de 1975 (corresponde al período I), es más frío y menos lluvioso que la media general; Junio (en parte corresponde al período II) es algo más frío y menos lluvioso aunque la lluvia está más repartida que la media general y Julio (corresponde al período III), presentan unas temperaturas semejantes a las de la media general, menor precipitación y un mayor número de horas de sol despejado.

Meses	Dias	\bar{T}	\bar{T}_M	\bar{T}_m	\bar{R}	D_R	\bar{I}	\bar{H}
Abril	15-30	16	20	13	0	0	270	62
Mayo	1-15	15	18	12	11	6	263	62
	16-31	17	19	15	20	9	191	73
Junio	1-15	18	21	19	9	6	229	71
	16-30	22	24	15	20	3	312	71
Julio	1-15	23	27	20	1	1	364	67
	16-31	25	27	22	1	6	278	74
Agosto	1-15	26	29	23	23	6	300	71

Tabla 3.1.5.2. Valores medios de las variables atmosféricas del año 1975.