



Universitat de Lleida
Departament de Pedagogia i Psicologia

TESIS DOCTORAL

presentada por

F. Xavier Carrera Farran

dirigida por

Dr. Estanislau Pastor Mallol

**USO DE DIAGRAMAS DE FLUJO Y SUS EFECTOS
EN LA ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE
CONTENIDOS PROCEDIMENTALES.
ÁREA DE TECNOLOGÍA (ESO)**

Lleida
Diciembre de 2002



(3) Acciones base en contraste intergrupo

No hay diferencias significativas en las acciones base expresadas por los grupos experimentales, excepto en el contraste entre los grupos constructivistas que utilizaron o no los diagramas de flujo.

La única diferencia significativa en los contrastes intergrupo sobre las acciones base expresadas se da entre los grupos constructivistas; siendo el grupo constructivista con DF (GE1) quien expresa un mayor número de acciones base que el grupo constructivista sin DF (GE2) en la medida postest1 (ver tabla 10.1 y anexo 10.1).

Dado que la intervención en ambos grupos sólo difiere en el empleo o no de los diagramas de flujo se puede explicar la diferencia hallada por el efecto que supone emplear la estrategia didáctica constructivista asociada con los diagramas de flujo. La estrategia constructivista puede verse alterada, enriquecida en mayor o menor grado, a partir de la simbiosis que supone incorporar a la estrategia constructivista un organizador gráfico como el diagrama de flujo. Esta incorporación puede dar lugar a que los alumnos del grupo constructivista con diagramas de flujo introduzcan un mayor número de acciones base en la secuencia del procedimiento elaborada internamente.

Refuerza esta interpretación el hecho de que también aparezcan diferencias significativas entre ambos grupos -favorables al grupo constructivista que emplea los diagramas de flujo- cuando los alumnos expresan las acciones base sobre el análisis de objetos tecnológicos (más adelante en el punto 5 de 10.1.2.1). Es más, en este procedimiento heurístico, las diferencias significativas no sólo se dan en el postest1, sino que ya aparecen en el test1 y en el test2 y se mantienen en el postest2; y, en el postest2, las diferencias significativas también se dan en el número de acciones clave expresadas (ver anexo 10.2).

Todos estos resultados pueden evidenciar el valor de los diagramas de flujo como organizador gráfico (tratado en 7.1 y 7.4.3.1) cuando se asocian a una determinada estrategia didáctica. Se confirma que los sistemas de representación gráfica de la información -entre ellos los diagramas de flujo- no sólo permiten la expresión del conocimiento sino que además son (entre otras funciones) un elemento que contribuye a que el alumno elabore el conocimiento.

Así el alumno que sigue una estrategia constructivista y utiliza como intermediario un diagrama de flujo para expresar la secuencia del procedimiento puede, a su vez, modificar los niveles de significación sobre la secuencia procedimental dado que dicho diagrama le facilita ordenar espacial y temporalmente las acciones de la secuencia. Si

así ocurre es lógico pensar que, al facilitársele la tarea de representación, el alumno puede dedicar parte de su actividad cognitiva a otras tareas relacionadas con la gestión de dichas acciones. Sin descartar otras, una de estas tareas, podría consistir en incorporar un mayor número de acciones en la representación interna de la secuencia. Circunstancia que explicaría que sean los alumnos del grupo constructivista con diagramas de flujo quienes puedan expresar un mayor número de acciones base. En cambio un alumno que deba expresar la secuencia mediante una descripción verbal o la enumeración de acciones debe dedicar parte de su actividad cognitiva a la expresión verbal de las acciones, pudiendo este esfuerzo junto con otros factores, limitar el número de acciones incorporadas a la representación interna y luego expresadas. Se trata de una distinción semejante a la que exponen Pozo y Postigo en un trabajo reciente con alumnos de educación secundaria (entre ellos alumnos de primer curso de la ESO). En él analizan las diferencias de resultados que obtienen los alumnos cuando deben interpretar información presentada mediante gráficos o mediante texto y concluyen que *"en relación con la influencia de la estructura gráfica, los resultados apoyan la hipótesis de la facilitación gráfica, en la medida en que el rendimiento de los sujetos es mayor en los formatos de tabla, barras y sectores frente a la presentación de la información en formato texto"* (Pozo y Postigo, 2000: 105).

Pero además de este contraste significativo entre los grupos constructivistas, en la figura 10.1 aparecen otras diferencias significativas en los contrastes intergrupos sobre las acciones base. Diferencias que recogemos en la tabla 10.2. Aunque algunas de estas diferencias aparecen en el postest1 y en el postest2, la existencia de diferencias significativas en las acciones base expresadas por tres de los grupos experimentales en la medida pretest impide atribuir las diferencias a los efectos de la intervención.

Grupos Experimentales	Medidas				
	Pretest	Test 1	Test 2	Postest 1	Postest 2
Constructivista con DF (GE1) versus Modelado sin DF (GE4)	X				X
Modelado con DF (GE3) versus Constructivista con DF (GE1)	X				
Modelado con DF (GE3) versus Constructivista sin DF (GE2)	X	X	X		
Modelado con DF (GE3) versus Modelado sin DF (GE4)	X			X	X
Modelado sin DF (GE4) versus Constructivista sin DF (GE2)	X	X			

Tabla 10.2 Diferencias significativas en las comparaciones intergrupos sobre las acciones base del uso del pie de rey

Ello nos lleva a preguntarnos ¿Por qué el grupo de modelado con DF (GE3) explicita acciones base de la secuencia antes de iniciar la intervención cuando se le compara con los restantes grupos experimentales? ¿A qué se deben las diferencias iniciales entre el grupo constructivista con DF (GE1) y el grupo de modelado sin DF (GE4)? ¿Y las que se dan antes de la intervención entre el GE4 y el grupo constructivista sin DF (GE2)?

No existe una explicación única para todos los casos y, ni siquiera, para uno de particular. Más difícil resulta dar una respuesta coherente si pensamos: que el procedimiento es desconocido y novedoso para todos los grupos experimentales, que no han aparecido diferencias significativas en el pretest al expresar las acciones clave y que tampoco hay diferencias significativas entre los grupos en el pretest cuando los alumnos aplican el procedimiento.

Ante el dilema se revisan de nuevo las respuestas que los grupos experimentales dan en el pretest al expresar las acciones base del procedimiento. Además del distinto número de acciones base enunciadas -que dan lugar a las diferencias significativas- se observa que todas las acciones base expresadas se corresponden con acciones de carácter manipulativo como "*cerrar la palanquita*", "*mirar los números*" o "*colocar la hoja entre las pinzas*". Acciones, todas ellas, fáciles de identificar en el mismo momento en que se realizaba la prueba pretest. La simplicidad de las acciones expresadas podría estar en el origen de las diferencias halladas. Pero este razonamiento sólo puede explicar en parte los hechos, dado que todos los grupos experimentales realizaron la misma prueba de detección de conocimientos previos. Por ello seguimos preguntándonos:

¿A qué factores no controlados podría deberse que unos grupos expresen este tipo de acciones en mayor cantidad que otros hasta el punto de provocar diferencias significativas? Más cuando se hace difícil atribuir las diferencias iniciales a la existencia real de conocimientos previos sobre el pie de rey en los alumnos (a pesar de los resultados obtenidos) dado que no aparecen diferencias significativas intergrupos en la enumeración en el pretest del resto de acciones (clave, prescindibles y erróneas); tampoco ningún grupo muestra conocer la secuencia de uso del pie de rey cuando debe efectuar en el pretest medidas con la herramienta y tampoco en ningún grupo aparece en el pretest un conocimiento previo de la propia herramienta (los alumnos hablan de "*patas*", "*números*" "*cosa que se mueve*" para referirse a

partes de la herramienta como las bocas, la regla graduada o el cursor, respectivamente).

De modo que la respuesta a la cuestión anterior nos lleva a pensar en la existencia de posibles factores contextuales del momento en que se realizó la medida. Pero la revisión de los registros videográficos disponibles de la sesión de detección de conocimientos previos no revela circunstancias que permitan explicar las diferencias iniciales. Las consignas de los profesores son las mismas en todos los grupos y no introducen ningún tipo de indicación que pudiera orientar la respuesta de los alumnos; tampoco hay intercambios de información entre el alumnado durante la tarea ni se observa ninguna situación que pudiera activar una respuesta mimética en el grupo. Por tanto la coyuntura externa en el momento de pasación de la prueba no da lugar a una explicación razonable.

Ante estas circunstancias también cabe pensar que una ampliación de la muestra y la aplicación de estadísticos más potentes quizás podría aportar otros datos que dieran respuesta a la cuestión.

(4) Acciones prescindibles en contrastes intra e intergrupo

El grupo de modelado sin diagramas de flujo obtiene diferencias significativas respecto al resto de grupos experimentales en la expresión de acciones prescindibles.

La tabla 10.1 y el anexo 10.1 recogen que el grupo de modelado que no utiliza los diagramas de flujo (GE4) es el único grupo experimental que, en la comparación intragrupo, muestra una mejora en las sucesivas medidas temporales que deriva en un incremento significativo en la expresión de acciones prescindibles. Además el grupo también obtiene diferencias significativas en los contrastes intergrupo con el resto de grupos experimentales en cuanto al número de acciones prescindibles expresadas en el postest1. Son diferencias significativas que no pueden pasar inadvertidas dado que:

- a) Estas diferencias también se dan en el postest2, al hacer el seguimiento de los grupos experimentales transcurridos cuatro meses, respecto a los tres grupos experimentales restantes.
- b) En las comparaciones con los grupos constructivista sin DF (GE2) y grupo de modelado con DF (GE3) las diferencias surgen ya en el test2, durante la fase de intervención.
- c) El GE4 es el único grupo capaz de expresar -tras la intervención educativa- mayor número de acciones prescindibles que de acciones clave.

- d) En la medida posttest2 -transcurridos cuatro meses desde la finalización de la intervención- es cuando el grupo expresa un mayor número de acciones prescindibles.

Con estos resultados el grupo está manifestando cierta capacidad para evocar espontáneamente acciones superfluas cuando se le demanda que verbalice cuál es la secuencia del procedimiento. La aparición de estas acciones es posible dado que no se pide a los grupos que inhiban lo superfluo y por *motu proprio* los alumnos parecen ser incapaces de seleccionar lo relevante y obviar lo trivial.

La elevada expresión de acciones prescindibles por parte del grupo de modelado sin DF (GE4) no comporta que el aprendizaje del procedimiento en este grupo experimental sea más completo. Sino que esta circunstancia puede interpretarse como una traba al aprendizaje del conocimiento declarativo al impedir que los alumnos centren su atención en las acciones importantes del procedimiento (acciones clave y acciones base) y se ocupen, en su lugar, de otras que resultan superfluas.

Pero, ¿A qué pueden deberse estas diferencias? ¿Qué puede hacer que el grupo de modelado sin diagramas de flujo se muestre sensiblemente superior al resto de grupos en la expresión de acciones prescindibles tras la intervención?

Una posible respuesta radica en atribuir a la propia estrategia didáctica de modelado sin diagramas de flujo las diferencias aparecidas. De modo que todas las estrategias didácticas adoptadas, menos la de modelado sin diagramas de flujo, harían posible que el alumno no incorporara acciones prescindibles a la representación interna de la secuencia. En caso de ser así, en la puesta en práctica de la estrategia de modelado sin DF durante la fase empírica deberían darse actuaciones docentes que inducieran al alumno a incorporar y luego a expresar acciones prescindibles.

Para verificar este supuesto se revisan los registros videográficos de las sesiones donde el profesor modelador enseña el procedimiento; se visionan de nuevo los momentos en que el profesor da consignas al grupo para expresar el conocimiento declarativo sobre el uso del pie de rey y se analizan en las producciones de los alumnos cuáles son las acciones prescindibles que incluye en la secuencia expresada.

Las acciones prescindibles expresadas por los alumnos del grupo de modelado sin diagramas de flujo se corresponden mayoritariamente con acciones manipulativas cómo: abrir o cerrar la caja donde se guarda el pie de rey (en otros grupos

experimentales el pie de rey no se guarda en una caja), sacar o colocar el pie de rey en la caja. Se trata de acciones que el profesor modelador realiza cuando explica el contenido a los alumnos, aunque no las enfatiza en ningún momento. No lo hace con el grupo de modelado sin DF ni con el grupo de modelado con DF. Tampoco da consignas diferentes a ambos grupos cuando deben expresar la secuencia del procedimiento. En los dos casos les indica que expliquen todos los pasos que según ellos, y recordando lo dicho en clase y los ejercicios prácticos realizados, deben darse para medir con el pie de rey. No encontramos pues, una intervención diferencial que explique las diferencias entre los dos grupos de modelado en cuanto a las acciones prescindibles expresadas.

Pero sí que esta revisión, y posterior verificación en los registros videográficos de los grupos constructivistas, permite dar una explicación plausible del porqué de las diferencias entre el grupo de modelado sin DF y los dos grupos constructivistas en el número de acciones prescindibles expresadas.

Mientras que los grupos de modelado utilizan pies de rey que están guardados en cajas, los grupos constructivistas tenían estas herramientas colgadas en un tablero. En los cuatro grupos experimentales los profesores proporcionaban un pie de rey a cada dos alumnos -dejándoselo en la mesa- para poder hacer la actividad de medida. De modo que mientras los grupos de modelado debían abrir la caja y sacar el pie de rey, los grupos constructivistas disponían de la herramienta para efectuar las medidas sin tener que sacarla de ninguna caja o funda. En el caso de los grupos constructivistas se hacía más difícil que pudieran incorporar acciones superfluas relacionadas con el abrir y cerrar la caja o sacar y guardar en ella el pie de rey cuando ésta ni siquiera existía. Acciones que, en cambio, sí debían realizar los grupos de modelado.

Con objeto de verificar el efecto de este suceso se analizan de nuevo las producciones de los alumnos de los grupos experimentales 4 (modelado sin DF) y 3 (modelado con DF) eliminando las acciones prescindibles correspondientes a "*abrir la caja*", "*sacar el pie de rey de la caja*", "*poner el pie de rey en la caja*" y "*cerrar la caja*". Con los datos resultantes se aplican de nuevo los estadísticos intergrupo (prueba exacta de Fisher) en contrastes entre el grupo experimental 4 y el resto de grupos experimentales y el contraste intragrupo (prueba de Greenhouse-Geisser) para el grupo experimental 4.

Tras aplicar estos estadísticos no aparece ninguna diferencia significativa en los contrastes intergrupo entre el grupo de modelado sin diagramas de flujo y el resto de grupos experimentales. Tampoco en el contraste intragrupo el grupo de modelado sin

DF (GE4) denota una evolución significativa en cuanto a la inclusión de acciones prescindibles en las secuencias que elaboran los alumnos.

Estos resultados corroboran la explicación de que las diferencias significativas iniciales podían atribuirse al hecho de que los grupos de modelado utilizaran pies de rey guardados en una caja y no por la intervención diferencial que comporta cada estrategia didáctica. En consecuencia debemos concluir que el enunciado que encabeza este comentario -a pesar de partir de contrastes significativos- carece de fundamento y, en realidad, ninguno de los grupos experimentales incorpora de manera significativa acciones prescindibles en la verbalización que realizan sobre el procedimiento.

10.1.1.2 En cuanto al conocimiento procedimental

La discusión se lleva a cabo comentando los resultados obtenidos por los grupos experimentales en la aplicación práctica del pie de rey.

Recordamos que para analizar los logros de los alumnos en el uso del pie de rey se empleó un índice de realización procedimental. Índice que evidencia el éxito de los alumnos en la utilización del pie de rey y que se obtiene al dividir el número de medidas correctas efectuadas por un alumno entre el número total de medidas que debía realizar, (en 8.6.2.2).

<p>(1) Índice de realización procedimental en contrastes intra e intergrupo</p>	<p>Todos los grupos experimentales aprenden a medir con el pie de rey y no aparecen diferencias significativas en las comparaciones intergrupos en la puesta en práctica del uso del pie de rey.</p>
--	--

Sustentamos la afirmación en los resultados hallados en 9.2.3 y 9.2.4, recogidos en la tabla 10.1 y representados en el anexo 10.1. Resultados que denotan:

- a) La inexistencia de diferencias significativas en los contrastes intergrupo en la medida postest1.
- b) La evolución favorable de los cuatro grupos experimentales en el uso práctico del pie de rey al efectuar correctamente las medidas con esta herramienta.
- c) La aparición de una única diferencia significativa en el contraste intergrupo del índice de realización procedimental. Diferencia favorable al grupo de modelado sin

DF (GE4) al compararlo con el grupo de modelado con DF (GE3) durante la intervención (concretamente en el test2).

Se desprende de estos resultados que todos los alumnos, independientemente de la estrategia didáctica seguida, aprenden a medir con el pie de rey y lo hacen (remitiéndonos a los datos de la figura 9.10 en 9.2.4) con un aceptable nivel de acierto como muestran los índices de realización procedimental medios de los cuatro grupos experimentales. Índices que se sitúan en las medida posttest1 entre 0,6 y 0,8; y en la medida posttest2 entre 0,5 y 0,8. De modo que cualquiera de las cuatro estrategias didácticas empleadas permite alcanzar un buen nivel de aprendizaje en el conocimiento procedimental (puesta en práctica) del uso del pie de rey.

Dado que las estrategias didácticas no provocan diferencias significativas en la utilización del pie de rey no se corrobora el supuesto hipotético formulado en P.3. según el cual se esperaba que aparecieran diferencias significativas favorables a los grupos de modelado. Lo cuál lleva a plantear a qué se puede atribuir la igualdad.

Parece probable que la igualdad se origine en la naturaleza del propio procedimiento, pues se trata de un procedimiento algorítmico que cuenta con una secuencia de realización muy lineal (no hay secuencias alternativas) y poco alterable en la ejecución (no puede variarse el orden en que se realizan las acciones), según veíamos en 3.4.1. Características que confieren al procedimiento el atributo de simplicidad.

Esta simplicidad también queda de manifiesto al relacionar el procedimiento con: el resto de procedimientos del área, el desarrollo curricular, los conocimientos previos y el desarrollo cognitivo de los alumnos.

- Respecto al resto de procedimientos del área de Tecnología el uso del pie de rey se sitúa dentro de los procedimientos tecnológicos simples como recogen López Cubino (2001) y Carrera (1995, 1999b).
- En cuanto al desarrollo curricular, en 3.4.1 se indica cómo propuestas editoriales y proyectos curriculares de centro consideran pertinente la inclusión de este procedimiento en el primer curso de la E.S.O. al estimar que se trata de un contenido adecuado para alumnos de este nivel educativo.
- Sobre los conocimientos previos del alumno debe considerarse que los alumnos mayoritariamente conocen y emplean correctamente otros instrumentos de medida como la regla graduada, la cinta métrica o el flexómetro. Tienen, en consecuencia,

cierto dominio de los mecanismos básicos implícitos en la operación de medir: reconocimiento de escala, ubicación del objeto y lectura de la medida. Este conocimiento supone una base consistente sobre la que asentar, facilitándolo, el aprendizaje práctico del pie de rey.

- En cuanto al nivel de desarrollo cognitivo de los alumnos que requiere la puesta en práctica de este procedimiento, parece que dicho nivel es el adecuado para que los alumnos realicen las medidas con corrección, tal y como evidencian los resultados obtenidos por los cuatro grupos experimentales.

A pesar de ser un procedimiento simple, su elección como procedimiento algorítmico para realizar la investigación estimamos que fue correcta si nos atenemos a los criterios adoptados y desarrollados en 8.3: representatividad y significatividad del procedimiento en el área de Tecnología, presencia del contenido en el proyecto curricular del área, contenido tratado en el mismo nivel educativo (primer curso de la ESO) y en un mismo momento (primer trimestre del curso académico).

También cabe pensar que la ausencia de diferencias significativas se deba al margen de error adoptado al valorar la corrección o no de las medidas efectuadas por los alumnos. En 8.6.2.2 establecimos un margen de error de $\pm 0,5$ mm. Este margen de error se adoptó atendiendo a criterios didácticos considerados pertinentes para alumnos de primer curso de la ESO. Un criterio considera la existencia de unos conocimientos previos en los alumnos que no les permiten medir correctamente con el pie de rey. Otro criterio contempla un margen de error inicial que se va constriñendo a medida que los alumnos progresan en el aprendizaje de esta herramienta de medida, hasta el punto que es al finalizar la etapa educativa cuando no debe considerarse ningún margen de error para valorar la corrección de las medidas realizadas. Es, siguiendo con los criterios didácticos, un margen que acepta mediciones erróneas imputables a la imprecisión derivada de la falta de experiencia pero que rechaza aquellas que se dan en la aplicación incorrecta del procedimiento¹⁴³ o bien cuando las diferencias respecto a la medida real son excesivas.

¹⁴³ Entre las muchas causas que pueden originar la realización de medidas incorrectas con el pie de rey destacan: el leer la medida en el nónio ignorando el valor señalado en la regla; iniciar la lectura en el extremo del nónio y no en el 0 de esta parte del pie de rey; la colocación incorrecta del objeto en las bocas, ya sea por desajuste o bien por utilizar bocas inadecuadas; el tomar como unidad de medida el centímetro y no el milímetro; el leer la medida de acuerdo con la posición del 0 del nónio ignorando el resto de escala del nónio o el hacer una mala apreciación visual de la coincidencia de las líneas del nónio y de la regla.

A modo de ensayo se decide verificar si aparecen diferencias significativas al elevar el nivel de exigencia en la precisión de las medidas que los alumnos efectuaron al finalizar la intervención, tanto en el postest1 como en el postest2. Para ello se adoptan dos nuevos criterios de corrección de las medidas realizadas por los alumnos con el pie de rey en dichas pruebas: uno (al que llamaremos criterio 2) que reduce a la mitad el margen de error y lo sitúa en $\pm 0,25$ mm y otro (al que llamaremos criterio 3) que elimina totalmente dicho margen de error y sólo considera correctas las medidas de los alumnos que son coincidentes con las medidas reales de los objetos.

La aplicación de estos criterios da lugar a nuevos datos que derivan, a su vez, en nuevos índices de realización procedimental. Se aplican a estos nuevos índices los contrastes estadísticos intergrupo e intragrupo empleados hasta el momento. Prueba de probabilidad exacta de Fisher y otros estadísticos basados en χ^2 en el primer caso; y la prueba de Greenhouse-Geisser y otros estadísticos asociados que permiten ratificar los resultados en el segundo caso (estadísticos decididos en 8.6.3).

Los resultados obtenidos en las pruebas de Greenhouse-Geisser y de Fisher -cuando se aplican a los datos originados en los criterios 2 y 3- aparecen recogidos en el anexo 10.4. Estos resultados indican que todos los grupos experimentales mantienen una evolución significativa en el uso del pie de rey y que no aparece ningún contraste intergrupo significativo cuando se someten a tratamiento estadístico los índices de realización procedimental obtenidos al aplicar el criterio 2 (margen de error de $\pm 0,25$ mm) y el criterio 3 (margen de error 0 mm.).

Dichos resultados evidencian que los resultados no estaban sujetos a la aplicación del criterio original (margen de error $\pm 0,5$ mm) y permiten ratificar el enunciado inicial según el cual todos los alumnos -sea cual sea la estrategia didáctica seguida- aprenden a medir con el pie de rey y que ninguna de las estrategias didácticas produce diferencias significativas al comparar los distintos grupos experimentales entre sí.

A raíz de estos resultados también nos planteamos si existe o no algún tipo de relación entre el conocimiento declarativo elaborado sobre el uso del pie de rey y la puesta en práctica de este procedimiento algorítmico. Más cuando los resultados obtenidos por los grupos experimentales evidencian que la ausencia de acciones erróneas en la representación que los alumnos elaboran de la secuencia de uso del pie de rey no comporta la desaparición de errores cuando ponen en práctica el procedimiento. O sea, a pesar de que los alumnos no expresan acciones erróneas en el postest1 al

explicar cómo debe medirse con el pie de rey, los índices de realización procedimental que obtienen cuando miden (también en el postest1) con el pie de rey se sitúan en valores entre 0,6 y 0,8 evidenciado errores en las medidas realizadas.

Estos resultados llevan a preguntarnos ¿Por qué aparecen errores al medir con el pie de rey si las secuencias expresadas por los alumnos carecen de acciones erróneas? Encontramos respuestas complementarias a la cuestión. A la necesidad de conocer las acciones que deben seguirse al medir con el pie de rey -adquiridas mediante la elaboración del conocimiento declarativo sobre la secuencia del procedimiento- debe añadirse si este conocimiento se aplica o no al poner en práctica el procedimiento en una situación real y si se aplica correctamente o no.

Puede considerarse que una correcta aplicación del procedimiento no depende tan sólo de la inexistencia de acciones erróneas en la representación que de él construye el alumno, sino que también puede verse afectada por el número de acciones base y, especialmente clave, que incorpora a dicha representación. No basta conocer y considerar aquello que induce a una ejecución equivocada sino que es preciso conocer y aplicar correctamente todas aquellas acciones (clave y base) que son indispensables para una realización exitosa. O sea, la no incorporación de acciones erróneas a la secuencia elaborada sobre el procedimiento es una condición necesaria para que se dé el éxito en la puesta en práctica del procedimiento, pero no es condición suficiente. El conocimiento de las acciones clave y base se configura como otra condición necesaria, y *a priori* imprescindible, para que el alumno pueda medir correctamente con el pie de rey. Pero además es necesario que la aplicación del conocimiento que el alumno tiene sobre la secuencia del procedimiento a la práctica se haga correctamente.

¿Pero realmente se da esta relación entre conocimiento declarativo y su correcta aplicación práctica en el empleo del pie de rey? También cabe pensar que puede no existir una relación tan directa entre las acciones expresadas por los alumnos y el éxito en el empleo del pie de rey, sino que la disonancia entre errores cometidos al medir con el pie de rey respecto a las acciones expresadas se deba a posibles diferencias entre el conocimiento declarativo elaborado sobre el procedimiento y su puesta en práctica en una situación determinada. En este sentido no debe olvidarse que la aplicación práctica del conocimiento elaborado a nivel teórico vendrá mediada por todos aquellos ajustes y modificaciones que cada alumno considera oportunos realizar

de acuerdo con el devenir de la acción y estará condicionada por otras circunstancias contextuales que puedan darse en cada situación particular.

A fin de verificar este supuesto se realiza una comparación, mediante análisis de correspondencias, entre los resultados obtenidos en la puesta en práctica del procedimiento y las acciones clave expresadas en la secuencia del procedimiento por los cuatro grupos experimentales en las medidas postintervención (postest1 y postest2). Para ello se emplea el índice de realización procedimental (obtenidos mediante los márgenes de error $\pm 0,5$ mm, $\pm 0,25$ mm y 0 mm) y un índice de acciones clave donde se relaciona el número de acciones clave expresadas por el alumno con el número de acciones clave que contiene la secuencia según se define en 3.4.1. El análisis de correspondencias (Correspondence v.1.0 de DTSS) se efectúa mediante el programa informática SPSS (1999).

En ninguno de los análisis efectuados con cada uno de los cuatro grupos experimentales se encuentran diferencias significativas. Estos resultados indican que en todos los grupos experimentales, los resultados obtenidos al medir con el pie de rey son independientes del conocimiento declarativo (en sus acciones clave) que expresan los alumnos. Independencia que se da tanto en el postest1 como en el postest2 y sea cual sea el margen de error empleado al valorar la corrección de las medidas efectuadas. De modo que puede inferirse que la corrección en el uso del pie de rey no sólo depende del conocimiento que se tenga de las acciones clave que conforman la secuencia del procedimiento, sino que la correcta aplicación del procedimiento puede verse afectado por otros factores de índole diversa; y, por tanto, conocimiento declarativo y conocimiento procedimental no están sujetos en este caso a una relación directa como podría sospecharse inicialmente.

10.1.2 Sobre los aprendizajes en el análisis de objetos tecnológicos

Sugerimos en el constructo hipotético expuesto en el tercer punto del preámbulo (ver P.3) que el aprendizaje en el análisis de objetos tecnológicos puede verse favorecido por una estrategia psicopedagógica basada en el constructivismo y, más aún, si esta estrategia se combina con el empleo de los diagramas de flujo. Este supuesto se fundamentó en su momento en la naturaleza propia de los procedimientos heurísticos y en el distinto tipo de estrategia didáctica que requieren estos procedimientos frente a los algorítmicos tal y como apuntan Soler y otros(1992), Reigeluth(2000), Landa(2000)

o Pozo y Postigo (2000). Como justificamos en P.3, a partir de los aportes encontrados en la literatura científica, el carácter abierto de los procedimientos heurísticos da lugar a pensar que -tal y como promueven las teorías de corte constructivista- un planteamiento endógeno, a la vez que exógeno y dialéctico, del aprendizaje puede derivar en un mejor aprendizaje del análisis de objetos tecnológicos. Si la estrategia constructivista se refuerza con un sistema de representación gráfica como los diagramas de flujo, supuestamente capaz de facilitar al alumno la estructuración del conocimiento declarativo del procedimiento (según se expone en 7.4 y en P.3) cabe esperar que los logros en el aprendizaje de este procedimiento se incrementen, tanto en el conocimiento declarativo elaborado sobre el procedimiento como en la aplicación del mismo (conocimiento procedimental).

Los contrastes significativos recogidos en la tabla 10.3 y en el anexo 10.2 denotan las adquisiciones de los grupos experimentales en cuanto al conocimiento declarativo (saber cómo hacer) y al procedimental (saber hacer) en el análisis de objetos.

Análisis del conocimiento sobre el procedimiento		CONTRASTES SIGNIFICATIVOS EN EL POSTEST 1	
		INTRAGRUPPO	INTERGRUPPO
CONOCIMIENTO DECLARATIVO	Acciones Clave	GE1 GE2 GE3 GE4	GE1vsGE4 GE3vsGE1 GE3vsGE2 GE3vsGE4
	Acciones Base	GE1 GE2 GE3 GE4	GE1vsGE2 GE3vsGE1 GE3vsGE2 GE4vsGE2
	Acciones Prescindibles	GE 1	---
	Acciones Erróneas	---	---
CONOCIMIENTO PROCEDIMENTAL	Descripción	GE1 GE2 GE3 GE4	GE1vsGE2
	Argumentación	GE1 GE2 GE3 GE4	---
	Valoración	GE1 GE2 GE3 GE4	---
	Representación	GE1 GE2	GE2vsGE3 GE2vsGE4
	Ejemplificación	GE1	---
	Medición	GE1	---
	Establecimiento relaciones	---	GE3vsGE2 GE4vsGE2
	Formulación hipótesis	---	---

Tabla 10.3 Diferencias significativas en contrastes intra e intergrupo sobre el análisis de objetos tecnológicos en el postest1

Una primera observación de estos resultados da lugar a confirmar el supuesto inicial en cuanto al conocimiento procedimental, pues son los grupos constructivistas (especialmente el grupo experimental que combina esta estrategia con los diagramas de flujo) quienes manifiestan hacer una mejor puesta en práctica del procedimiento al aplicar de forma significativa un mayor número de las categorías adoptadas para analizar las producciones de los alumnos. Los escasos contrastes intergrupos significativos en este tipo de conocimiento también ratifican, excepto en una de las categorías, la suposición original.

En cuanto al conocimiento declarativo el supuesto no puede ratificarse dado que los cuatro grupos experimentales muestran haber ampliado sus conocimientos declarativos (en cuanto a acciones clave y base) tras la intervención y se da cierta disparidad de resultados en los contrastes intergrupos según se aluda a acciones clave o base.

Esta confirmación parcial del constructo hipotético y la distinta orientación que se aprecia en los contrastes intergrupo sobre el conocimiento declarativo requieren una discusión profunda que permita comprender el porqué de los resultados obtenidos.

10.1.2.1 En cuanto al conocimiento declarativo

Del mismo modo a como se hizo en el procedimiento de uso del pie de rey la discusión se lleva a cabo comentando, en distintos enunciados, los resultados significativos obtenidos por los grupos experimentales en las categorías de acciones clave, base, prescindibles y erróneas que se han empleado para analizar los logros de los alumnos en el conocimiento declarativo sobre el análisis de objetos tecnológicos.

(1) Acciones clave y base en contraste intragrupo

Todos los grupos experimentales muestran un progreso significativo en el aprendizaje de acciones clave y de acciones base.

La tabla de diferencias significativas en la medida posttest1 (tabla 10.3) y el anexo 10.2 recogen que los cuatro grupos experimentales incrementan -en las comparaciones intragrupos- el número de acciones clave y base expresadas tras finalizar la intervención. O sea, independientemente de cuál sea la estrategia didáctica empleada y de si ésta incorpora o no diagramas de flujo, todos los grupos muestran ganancias

significativas en el número de acciones clave y base que incluyen en la secuencia que elaboran del procedimiento de análisis de objetos tecnológicos¹⁴⁴.

Lo cual evidencia que tras un breve período de aprendizaje todos los alumnos desarrollan una representación sobre la secuencia del procedimiento a partir de las acciones clave y base que lo caracterizan.

Aunque -como ya ocurrió con los contrastes intragrupo del procedimiento algorítmico de uso del pie de rey (en 10.1.1.1)- la evolución que siguen los grupos experimentales en este proceso de elaboración es distinta tal y como se desprende de las figuras 9.19 y 9.20 (ver en 9.6) donde se representa, respectivamente, la evolución intragrupo en la expresión de acciones clave y base.

En dichas figuras se observa una progresión distinta en los grupos que emplean diagramas de flujo pues tienden a situarse por encima de los grupos que no utilizan este sistema de representación gráfica. Así ocurre siempre (en acciones clave y base en todas las medidas efectuadas durante la intervención y tras finalizarla) para el grupo de modelado con diagramas de flujo y en menor medida para el grupo constructivista con diagramas de flujo (en este caso hay fluctuaciones según sea el tipo de acción y medida consideradas¹⁴⁵).

Pero es en los contrastes intergrupo donde mejor se aprecian las diferencias obtenidas por los distintos grupos experimentales. Diferencias que, a su vez, dan pie a una profunda reflexión sobre el porqué de su existencia. En los siguientes puntos se debate sobre ellas.

(2) Acciones clave en contraste intergrupo	Los grupos que siguen estrategias didácticas (constructivista y de modelado) combinadas con el uso de diagramas de flujo obtienen diferencias significativas en la expresión de acciones clave frente a los grupos que siguen esas mismas estrategias didácticas sin empleo de diagramas de flujo.
---	--

En la tabla 10.3 y en el anexo 10.2 se recogen las diferencias significativas halladas en el postest1 entre estos grupos experimentales en las acciones clave expresadas:

¹⁴⁴ Además el grupo constructivista con diagramas de flujo (GE1) denota también una evolución significativa en cuanto al número de acciones prescindibles que incorpora a los diagramas de flujo que construye para representar el conocimiento declarativo sobre el procedimiento.

¹⁴⁵ En las acciones clave expresadas el grupo constructivista con DF obtiene mejores resultados en las dos medidas postintervención que los dos grupos que no incorporan diagramas de flujo a la estrategia didáctica. En cambio en la expresión de las acciones base

favorables al grupo constructivista con DF *versus* el grupo de modelado sin DF y al grupo de modelado con DF *versus* los grupos constructivista y de modelado sin DF¹⁴⁶.

Diferencias que evidencian cómo los grupos que emplean diagramas de flujo -ya sea en combinación con una estrategia didáctica constructivista (GE1) o de modelado (GE3)- son capaces de expresar un mayor número de acciones clave del procedimiento. En consecuencia los diagramas de flujo, en nuestro estudio, cuando van asociados a una estrategia didáctica determinada -sea constructivista o de modelado- facilitan la incorporación de acciones clave en la secuencia del procedimiento expresada por los alumnos.

Los resultados indican incluso que esta facilitación parece más consistente en el grupo de modelado con DF pues, como puede observarse en el anexo 10.2, este grupo experimental ya muestra diferencias significativas respecto a los grupos de modelado que no usan diagramas de flujo durante la intervención (tanto en el test1 como en el test2); mientras que las diferencias favorables al grupo constructivista que incorpora diagramas de flujo sólo se dan tras finalizar la intervención.

Todo ello nos lleva a introducir ciertas matizaciones entre los resultados empíricos y el supuesto hipotético inicial. Pues parece ser que no son las estrategias didácticas constructivistas en sí mismas quienes facilitan el aprendizaje de acciones clave, sino que este aprendizaje se ve significativamente favorecido cuando a ella se asocia el empleo de los diagramas de flujo. Más aún, son los diagramas de flujo quienes muestran funcionar correctamente tanto con la estrategia constructivista como con la estrategia de modelado.

De modo que nos planteamos algunas posibles explicaciones del porqué pueden ser los diagramas de flujo un factor favorecedor del aprendizaje de acciones clave en lugar de serlo las estrategias didácticas constructivistas por sí mismas, tal y como se formuló inicialmente.

Estas explicaciones, a nuestro entender y sobre la base de los resultados obtenidos, han de considerar las propiedades de los diagramas de flujo entendidos como facilitadores gráficos y su relación con la complejidad del procedimiento ("análisis de

el grupo constructivista con DF se mantiene por encima del grupo constructivista sin diagramas de flujo y levemente por debajo del grupo de modelado sin diagramas de flujo.

¹⁴⁶ Tanto el grupo constructivista con DF como el de modelado con DF obtienen también diferencias significativas en el postest2 en los contrastes con el grupo constructivista sin DF; en anexo 10.2.

objetos tecnológicos”). Todo esto sin olvidar la posible función metaprocedimental que pueden adoptar los diagramas de flujo cuando los alumnos los emplean para aprender procedimientos (procedimiento del procedimiento), ni la forma de proceder de los alumnos durante la intervención.

Si el procedimiento algorítmico de uso del pie de rey se caracterizaba por su simplicidad, el procedimiento heurístico de análisis de objetos tecnológicos que ahora nos ocupa se caracteriza por ser un procedimiento complejo; tal y como se apunta en el marco teórico (ver 3.4.2) y se desprende de los trabajos de Bachs (1997b), Encinas y Alemán (1998) y Aguayo y Lama (1998). Esta complejidad radica en que es un procedimiento con una secuencia de ejecución variable dado que existen múltiples desarrollos posibles en función de las acciones y decisiones que alumnos y/o profesor toman en consideración y la variabilidad en el orden en que luego se llevan a cabo. O sea, la secuencia de ejecución del procedimiento carece de una estructura interna única, estable y predefinida (tal y como ocurre en los algoritmos) lo cuál puede repercutir tanto en la representación que el alumno elabora internamente del procedimiento como en la variabilidad de resultados en el momento de aplicarla. También es complejo por:

- a) Integrar como acciones propias otros procedimientos. Algunos de los cuáles, como la formulación de hipótesis o el establecimiento de relaciones, son a su vez procedimientos complejos.
- b) Fluctuar la secuencia según los objetivos marcados en la obtención de conocimientos sobre el objeto analizado.
- c) Requerir su realización de un tiempo considerable. Basta considerar que en la fase empírica de este trabajo el uso del pie de rey requería (para cada medida efectuada) de un tiempo aproximado de un minuto, mientras que todos los grupos dedicaron un mínimo de dos horas a analizar los objetos durante la intervención y unos quince minutos aproximadamente en las medidas postest1 y postest2.

Frente a esta complejidad -idéntica para los cuatro grupos experimentales¹⁴⁷- los grupos que incorporan los diagramas de flujo en su estrategia didáctica disponen de un instrumento gráfico de representación del conocimiento, mientras que los dos grupos restantes no cuentan con ese apoyo externo. En el punto 3 de 10.1.1.1, al

¹⁴⁷ Consideramos que la complejidad del procedimiento es la misma para los cuatro grupos experimentales a pesar de que el grupo de modelado sin DF (GE4) obtiene -ver anexo 10.2- diferencias significativas en cuanto a las acciones clave expresadas en las comparaciones con los grupos constructivistas (con y sin diagramas de flujo) en el pretest.

discutir sobre el porqué el grupo constructivista con DF (GE1) expresaba mayor número de acciones base que el grupo constructivista sin DF (GE2), se alude a algunas de las cualidades de los diagramas de flujo como facilitador gráfico. Se sostienen aquí, sin repetirlos, los posibles argumentos expuestos en ese momento. De nuevo pueden explicar las diferencias encontradas en la expresión de acciones clave sobre el análisis de objetos tecnológicos. A dichas explicaciones se añade cómo los constructos verbales que elaboran los alumnos para expresar la secuencia del procedimiento también pueden repercutir en la obtención de estos resultados.

Como se enunciaba en el marco teórico (ver 7.4.3.3) frente a la expresión verbal, la elaboración de un diagrama de flujo induce a que el alumno elabore etiquetas verbales breves de las acciones que va a exponer. Propicia así un ahorro verbal que se traduce en etiquetas de acciones concisas y muy focalizadas en la acción (todas ellas aparecen encabezadas por un verbo). No ocurre lo mismo cuando se adopta la descripción o la enumeración como formas para expresar la secuencia. En estos casos (cómo pone de manifiesto un análisis más cualitativo de estas producciones¹⁴⁸) la tendencia de los alumnos es a elaborar construcciones verbales mucho más extensas, y estos constructos verbales más extensos no siempre se traducen en una expresión semántica más precisa sobre la acción.

A la facilitación verbal (en cuanto economía y precisión léxica) a que inducen los diagramas de flujo debe añadirse otra cualidad de este sistema de representación gráfica que también permite comprender el porqué de los resultados obtenidos. La elaboración de un diagrama de flujo ayuda al alumno a expresar las relaciones existentes entre las acciones que conforman la secuencia del procedimiento. Estas relaciones, sean de orden o de decisión, son mucho más explícitas (por disposición espacial y por facilidad para ser captadas mediante reconocimiento visual) en un diagrama de flujo que en una descripción verbal, pues dependen básicamente de la disposición de elementos gráficos simples (líneas y flechas). También en este caso parece lógico pensar que una mayor claridad en las relaciones establecidas por el propio alumno entre las acciones cuando construye un diagrama de flujo se convierte en un factor que podría condicionar favorablemente la secuencia que internamente está elaborando del procedimiento. Más cuando éstas relaciones son múltiples como ocurre en los procedimientos heurísticos.

¹⁴⁸ Más adelante, en 10.1.4 se presenta este análisis y se alude de nuevo a las diferencias que se dan entre los grupos, en cuanto al tratamiento verbal, según sea la modalidad adoptada para expresar el conocimiento declarativo elaborado sobre el procedimiento.

Pero la facilitación gráfica de los diagramas de flujo también puede considerarse con relación al desarrollo cognitivo de los alumnos que participan en el estudio. Adoptando la terminología piagetiana y sabiendo que la edad cronológica de la mayoría del alumnado es de 12 años debe considerarse que se hallan en un momento de paso de las operaciones concretas a las operaciones formales. Desde esta perspectiva, y debido a que los sujetos experimentales se encuentran en un período de transición del desempeño cognitivo concreto al abstracto, el aprendizaje de procedimientos complejos como el que nos ocupa podría beneficiarse del soporte empírico/espacial que le brindan los diagramas de flujo. Este beneficio sería posible gracias a que este sistema representativo opera como un elemento intermedio entre el procedimiento y la representación cognitiva del mismo, ofreciendo una representación ordenada y relacionada de las acciones que conforman la secuencia procedimental. El diagrama de flujo podría actuar como el depósito (representativo) de los hipotéticos caminos procedimentales complejos que el alumno va elaborando sobre la secuencia del procedimiento a la vez que le permitiría ir avanzando en su propia construcción del procedimiento al ayudarlo a dar sentido (significado) a alguno de dichos caminos incorporándolo a la estructura cognitiva e ir ignorando los restantes.

O sea, los diagramas de flujo no sólo sirven para exteriorizar la secuencia representada internamente sino que gracias a esa representación externa estructurada que supone elaborarlos se ve reforzada la representación interna sobre el conocimiento declarativo del procedimiento. Así lo expresan Martí y Pozo (2000b) al tratar sobre los sistemas externos de representación del conocimiento. Estos autores señalan la incidencia que tienen las representaciones externas en la elaboración de la representación interna por parte del alumno asegurando que los sistemas de representación gráfica acaban *"afectando también a la propia naturaleza de las representaciones mentales elaboradas por el sujeto, que no puede ser ajena a los sistemas de representación externa a los que se ve expuesto y desde los cuales procesa buena parte de la información que adquiere"* (Martí y Pozo, 2000a: 8).

Lo cuál nos lleva a pensar que la construcción de los diagramas de flujo podría llegar a funcionar como un metaprocedimiento (procedimiento del procedimiento heurístico) en el supuesto de que si el sujeto se ciñe a él le permita ajustar constantemente el procedimiento en curso. Si esto fuera así los diagramas de flujo podrían considerarse como una herramienta metacognitiva que facilita la reflexión sobre las acciones del procedimiento objeto de aprendizaje, especialmente cuando éste se caracteriza por una estructura (secuencia) compleja. Este supuesto encuentra apoyo en el papel

activo y relevante que atribuye Martí (1995b) a los elementos mediadores externos en la construcción y regulación del conocimiento. Para el autor la autorregulación de los procesos cognitivos no se realiza sólo desde el interior sino que dicha actividad está mediada desde el exterior por cualquier artefacto cultural (como pueden ser en nuestro caso los diagramas de flujo) que se emplee conscientemente durante el proceso de aprendizaje.

Pero verificar este supuesto supone abordar una problemática específica (que lleva a intentar desentrañar un proceso cognitivo difícilmente aprehensible) y requiere disponer de otras informaciones que -si bien pueden ser parcialmente asequibles a partir de otros procedimientos de investigación- no aparecen explícitas en las producciones de los alumnos analizadas en este estudio. De nuevo los resultados de la investigación nos llevan a abrir interrogantes que requieren de otros estudios. En este caso no sólo para ratificar el mayor efecto que parecen tener los diagramas de flujo sobre las estrategias didácticas cuando en tecnología se aprenden procedimientos heurísticos, sino también para profundizar en el supuesto carácter metaprocedimental de los diagramas de flujo a que acabamos de aludir.

Más allá de lo acertadas que puedan ser estas explicaciones no debe olvidarse que la mera asignación a un grupo de alumnos de una estrategia psicodidáctica novedosa para ellos -como puede ser la constructivista- no comporta que en la práctica operen cognitivamente como dicha estrategia supone que deben hacerlo. El haber intervenido en un grupo con una estrategia constructivista no significa que el alumno adopte de inmediato y sin más una actitud de aprendizaje significativo y constructivo. Es posible que en su proceder cognitivo pesen más sus experiencias anteriores, sus actitudes y los hábitos escolares adquiridos en años anteriores que las nuevas formas de proceder cognitivo que se le requieren desde la estrategia constructivista. Incluso parece oportuno pensar que un escaso número de sesiones de corte constructivista resulta insuficiente para que todos los alumnos modifiquen sus formas de hacer. Fruto del análisis de las intervenciones de los docentes en el aula verificamos y presentamos en el apartado 9.1 la concordancia existente entre el modelo de profesor constructivista definido y la traducción que el profesor hacía de dicho modelo en sus intervenciones en el aula. En cambio no se dispone de datos que nos permitan corroborar con firmeza el ajuste entre el quehacer constructivista que se supone a los alumnos de los grupos constructivistas y su proceder cognitivo real durante la intervención.

(3) Acciones clave en contraste intergrupo	El grupo de modelado que usa diagramas de flujo obtiene diferencias significativas en la expresión de acciones clave en la comparación con el grupo constructivista que también usa diagramas de flujo.
---	---

De este enunciado se desprende que las cualidades de los diagramas de flujo a que venimos aludiendo se potencian aún más cuando se emplean en combinación con una estrategia de modelado que cuando se hace en combinación con una estrategia constructivista. Así lo evidencian las diferencias significativas que en el postest1 aparecen entre los grupos experimentales 3 (modelado con DF) y 1 (constructivista con DF) en la expresión de acciones clave sobre el procedimiento de análisis de objetos tecnológicos. Estas diferencias surgen durante la intervención (en las medidas test1 y test2) y aunque no se mantengan en el tiempo -en el postest2 no aparecen diferencias significativas- es evidente que los resultados no son casuales y entran en contradicción con el supuesto hipotético formulado en P.3.

En el intento de comprender el porqué de este resultado revisamos cómo emplearon los profesores modelador y constructivista los diagramas de flujo durante sus respectivas intervenciones con el grupo de modelado y con el grupo constructivista¹⁴⁹.

El grupo de modelado con diagramas de flujo (GE3) cuenta desde la primera sesión con un diagrama de flujo donde se representa la secuencia del análisis de objetos tecnológicos (figura 3.7 en 3.4.2.2). Esta secuencia se utiliza para explicar al grupo las acciones que deben aplicarse al analizar un objeto. Posteriormente el grupo realiza una actividad en la que debe completar este mismo diagrama de flujo semivacio mediante una serie de etiquetas (correspondientes a las acciones clave y base elididas del diagrama) que se le proporcionan en una hoja aparte. Hoja que incluye otras etiquetas que no se corresponden con la secuencia representada en el diagrama de flujo a fin de que los alumnos tengan que discriminar en sus elecciones y la tarea no se reduzca a completar el diagrama como si de un puzle se tratara (en anexo 8.31). Este grupo utiliza, además, los diagramas de flujo para verbalizar la representación que sobre el procedimiento elabora internamente.

¹⁴⁹ Esta revisión se realiza verificando los protocolos establecidos para la estrategia didáctica constructivista con DF (anexo 8.10) y para la de modelado con DF (anexo 8.14) y visionando los registros videográficos donde se recogen las sesiones iniciales en que ambos grupos trabajan el procedimiento de análisis a nivel declarativo.

Por su parte el grupo constructivista con DF (GE1) utiliza los diagramas de flujo en el momento que se pide a los alumnos que hagan una representación externa de la secuencia que están elaborando del procedimiento.

De modo que las actuaciones seguidas con cada grupo facilitan -de acuerdo con la estrategia didáctica diseñada- un acceso distinto al conocimiento sobre el procedimiento. Mientras que a los alumnos del grupo de modelado con DF (GE3) se les da a conocer -mediante el DF- con todo detalle y desde un inicio las acciones que integran la secuencia del procedimiento, los alumnos del grupo constructivista con DF (GE1) carecen de este soporte gráfico y deben elaborar -sin más ayuda externa que la surgida durante las interacciones verbales promovidas por el profesor- su propia representación sobre la secuencia del procedimiento. Esta diferencia que propician las intervenciones no se ve compensada con una dedicación temporal distinta según sea la estrategia didáctica de modelado o constructivista, sino que el tiempo es similar para ambos grupos cuando las tareas que deben realizar para apropiarse del conocimiento sobre el análisis de objetos son distintas. Este desajuste entre tareas y disponibilidad temporal podría explicar las diferencias halladas. A tenor del resto de resultados que obtiene el grupo constructivista con DF en el procedimiento, es razonable pensar que si este grupo experimental hubiese dispuesto del tiempo necesario para compensar esta mayor actividad las diferencias con el grupo de modelado quizás no hubiesen aparecido.

Al diseñar las intervenciones ya se contempló la posibilidad de alterar la variable tiempo dedicado a trabajar cada contenido procedimental, pero se decidió optar por respetar al máximo la situación natural de los grupos y ajustar las intervenciones a la aplicación curricular prevista en los centros que participaron en el estudio empírico. Junto a este criterio ecológico se consideró que ejerciendo un control sobre la variable tiempo -propiciando que todos los grupos experimentales dispusieran de igual (o similar) número de sesiones- se posibilitaba un contraste más riguroso de las potencialidades y limitaciones de cada tipo de intervención didáctica.

En consecuencia, es en una posible investigación posterior donde se podría contrastar el efecto combinado que tienen los factores tiempo, estrategia didáctica y utilización de los diagramas de flujo. Verificando qué ocurre cuando se ajustan los tiempos a las exigencias que comporta cada estrategia didáctica y cuando los diagramas de flujo se emplean con otras funciones a las adoptadas en este estudio.

<p>(4) Acciones base en contraste intergrupo</p>	<p>Los grupos de modelado (con y sin diagramas de flujo) obtienen diferencias significativas en la expresión de acciones base en las comparaciones con los grupos constructivistas (con y sin diagramas de flujo).</p>
---	--

El enunciado responde a las diferencias significativas -recogidas en la tabla 10.3- que se dan en el postest1 entre el grupo de modelado con DF (GE3) y los dos grupos constructivistas y entre el grupo de modelado sin DF (GE4) y el grupo constructivista sin DF (GE2)¹⁵⁰.

Los resultados contradicen el supuesto inicial según el cual deberían ser los grupos constructivistas y no los de modelado quienes incorporaran mayor número de acciones base en la secuencia procedimental. En la búsqueda de una posible explicación, procedemos a revisar cómo se desarrolló durante la intervención la aplicación por parte de los profesores de las estrategias didácticas en cada grupo experimental, por si se encuentra algún elemento objetivo que permita alguna clarificación.

Revisados los registros videográficos de las sesiones iniciales con los cuatro grupos experimentales donde se trabaja el conocimiento declarativo sobre el procedimiento de análisis, no se hallan actuaciones o indicaciones del profesor constructivista o del profesor modelador que pudieran explicar el porqué de las diferencias obtenidas. Sus intervenciones se ajustan a las estrategias definidas en 8.5.4 y a los protocolos recogidos en los anexos 8.10, 8.12, 8.14 y 8.16 que concretan las estrategias didácticas constructivista y de modelado para el análisis de objetos tecnológicos.

El origen de las diferencias quizás también podría encontrarse en las consignas que reciben los grupos experimentales al pedirseles, en el postest1, que expresen la secuencia que debe seguirse al analizar un objeto. Pero las indicaciones fueron idénticas para todos los grupos, pues eran las que aparecían en la prueba de evaluación (anexo 8.33) empleada en el postest1. A todos los grupos se les indicaba por escrito que explicaran con el mayor detalle posible todo el proceso que debe seguirse al analizar un objeto tecnológico.

Ante la ausencia de evidencias objetivas que puedan atribuir a las intervenciones realizadas por los profesores los resultados obtenidos sospechamos que puedan

¹⁵⁰ Estas diferencias aparecen ya durante la intervención cuando se comparan los dos grupos de modelado con el grupo constructivista sin DF y se mantienen tras la intervención, en la medida postest2 (en anexo 10.2).

deberse a alguna posible limitación con que se plantearon inicialmente las estrategias didácticas de modelado y las constructivistas.

Una revisión de las estrategias nos lleva a constatar que el esfuerzo y la actividad cognitiva requerida de forma indirecta a los alumnos de los grupos que siguen la estrategia de modelado y de los que siguen la estrategia constructivista son distintas. La diferencia no radica en que mientras los grupos de modelado reciben la información sobre el procedimiento los grupos constructivistas deben elaborar el conocimiento declarativo por sí mismos (a partir de momentos de reflexión individual y de construcción en grupo); pues en ellas se fundamenta precisamente la singularidad de cada estrategia. La diferencia radica en que -como parte del propio proceso de análisis (ver 8.5.4.1 y anexos 8.10 y 8.12)- los dos grupos constructivistas deben elaborar un guión de análisis propio. O sea, los grupos constructivistas además de desentrañar por sí mismos la esencia del contenido (en cuanto a significado, a secuencia e implicaciones de su realización) deben preguntarse y dar respuesta a cómo poner en práctica el análisis hasta el punto de desarrollar por sí mismos un instrumento que les permita analizar los objetos tecnológicos. Instrumento que -en cambio- se les proporciona a los alumnos de los grupos que siguen la estrategia de modelado.

Pero si inicialmente se pensaba que estas diferencias eran precisamente las que iban a propiciar unos mejores resultados en la elaboración del conocimiento declarativo por parte de los grupos constructivistas, porqué en este caso se muestran estos grupos menos eficientes. Aunque imposibles de contrastar, dos posibles explicaciones pueden ayudar a entender la discrepancia entre supuesto inicial y resultados a la vista de que no se encuentran evidencias objetivas de la incidencia de otros factores.

Una radica en el reducido número de sujetos que conforman los grupos en la muestra final. La escasez de datos empíricos con que se realizan los análisis es una limitación que impide poder aplicar estadísticos más rigurosos en los contrastes intergrupos e intragrupos realizados. Aunque esta disponibilidad de una muestra final reducida puede justificarse por las características del propio estudio. Así, la definición de la muestra inicial responde a la naturaleza ecológica de la investigación y de su diseño experimental que centran la intervención empírica en cuatro grupos experimentales seleccionados según los criterios expuestos en 8.4.1: representatividad de los contenidos, estilo docente, simultaneidad en el desarrollo del curriculum y horarios académicos. La obtención de la muestra final provoca una elevada pérdida de sujetos experimentales al aplicarse estrictos criterios de selección de los alumnos de los grupos experimentales(en 8.4.2): haber participado en todas las fases de la

intervención, haber asistido a la práctica totalidad de sesiones y disponer de todas las producciones de aula. Pérdida que se ve incluso incrementada por causas externas a la investigación cómo también se expone en 8.4.2.

Otra explicación alude al tiempo empleado por los grupos experimentales para aprender sobre el análisis de objetos. La diferencia de una sesión de clase de más para los grupos constructivistas que para los de modelado no parece tiempo suficiente para que los grupos constructivistas puedan atender de forma eficiente a todas las tareas que se les demanda: elaborar por sí mismos todo el conocimiento sobre el procedimiento y elaborar además un instrumento que luego les guíe en la puesta en práctica del procedimiento.

Esta explicación cobra fuerza si nos atenemos a las evidencias científicas que demuestran la influencia del factor tiempo en los resultados de aprendizaje. La investigación educativa se ha ocupado de estudiar como el tiempo dedicado por los alumnos a trabajar el contenido afectaba a los resultados de aprendizaje. El modelo de Carroll -revisado por el propio autor tras 25 años de su formulación, Carroll(1989)- expone que la enseñanza impartida (metodología y estrategias didácticas usadas) es, junto con el tiempo (el empleado y el teóricamente necesario) y otros factores, determinante en el éxito del aprendizaje.

(5) Acciones base en contraste intergrupo

El grupo constructivista que usa diagramas de flujo obtiene diferencias significativas en la verbalización de acciones base en comparación con el grupo constructivista que no utiliza diagramas de flujo.

Este enunciado expresa la distinta incorporación de acciones base a la secuencia que elaboran los grupos constructivistas sobre el análisis de objetos. Con diferencias significativas -en tabla 10.3- es el grupo constructivista con diagramas de flujo quien incluye un mayor número de acciones base en las secuencias elaboradas al finalizar la intervención. Se trata de un resultado que no se da en un momento puntual sino que es de elevada consistencia ya que las diferencias aparecen en las dos medidas efectuadas durante la intervención (test1 y test2) y se mantienen con el paso del tiempo en la medida postest2, (en anexo 10.2).

Los resultados también corroboran las diferencias significativas obtenidas por el grupo constructivista que utiliza diagramas de flujo cuando se le compara con el grupo constructivista que no los emplea en la expresión de acciones base del procedimiento algorítmico estudiado; (ver resultados comentados en el punto 3 de 10.1.1.1).

Son resultados que nos permiten pensar que estamos ante una nueva evidencia empírica del carácter de facilitador gráfico atribuido a los diagramas de flujo en la representación interna del conocimiento declarativo sobre un procedimiento. En el punto 3 de 10.1.1.1 y en los puntos 2 y 3 de este mismo apartado se explica el porqué de esta característica de los diagramas de flujo. Son argumentos igualmente válidos para explicar el porqué de las diferencias que recoge este último enunciado. Recuperamos dichos argumentos aunque exponiéndolos ahora de forma mucho más abreviada.

- Los diagramas de flujo se manifiestan como un organizador gráfico de la información que permite al alumno elaborar una representación sobre la secuencia del procedimiento facilitándole expresar las relaciones (de orden y de decisión) existentes entre las acciones que conforman dicha secuencia.
- En la elaboración de los diagramas de flujo los elementos semánticos (símbolos) que se emplean para ubicar espacialmente las acciones (mediante etiquetas verbales) propician que los alumnos elaboren constructos verbales concisos y concretos muy focalizados en la acción.
- El propio proceso que sigue el alumno en la elaboración sobre el papel del diagrama de flujo puede devenir en un soporte cognitivo importante, debido a que dicho proceso externo tiende a facilitarle la comprensión significativa sobre la representación que internamente está construyendo de la secuencia procedimental.
- Existe la posibilidad de que los diagramas de flujo actúen con una función metaprocedimental, de modo que si el alumno hiciera un uso reflexivo de la herramienta reflexionando sobre las acciones y relaciones que expresa en el diagrama le permitiría ajustar constantemente el procedimiento en curso.
- Ello sin olvidar que se trata de un sistema de representación gráfico que puede considerarse adecuado al estadio de desarrollo cognitivo, de transición de pensamiento concreto a abstracto, en que se encuentran los alumnos de primer curso de la ESO participantes en el estudio.

10.1.2.2 En cuanto al conocimiento procedimental

Siguiendo con el mismo esquema utilizado hasta el momento, se discuten ahora los logros en el aprendizaje del conocimiento procedimental del análisis de objetos tecnológicos a partir de los resultados significativos (intra e intergrupo) obtenidos en las categorías utilizadas para analizar dichos logros: descripción, argumentación, valoración, representación, ejemplificación, medición, establecimiento de relaciones y formulación de hipótesis.

(1) Contrastes intragrupo en todas las categorías de análisis

Los grupos que siguen una estrategia constructivista (con y sin diagramas de flujo) manifiestan una mejor aplicación práctica del procedimiento de análisis de objetos que los grupos que adoptan la estrategia de modelado (con y sin diagramas de flujo)

Con este enunciado se sintetiza que si bien todos los grupos experimentales evolucionan favorablemente en el aprendizaje y puesta en práctica de las categorías "Descripción", "Argumentación" y "Valoración" sólo los grupos que siguen estrategias constructivistas obtienen resultados significativos en otras categorías, tal y como se recoge en la tabla 10.3 de diferencias significativas en el análisis de objetos tecnológicos. El grupo constructivista que no utiliza los diagramas de flujo (GE2) lo hace en la categoría "Representación" y el grupo constructivista que sí los emplea (GE1) en ésta misma categoría y en la de "Ejemplificación".

Estos resultados tienden a corroborar el supuesto hipotético (en el punto 3 del preámbulo) según el cuál los logros de aprendizaje en el conocimiento procedimental sobre un procedimiento heurístico (como el análisis de objetos tecnológicos) debían incrementarse -como ocurre en este caso en su componente práctica- con el empleo de una estrategia didáctica constructivista.

Sobre el porqué de las diferencias cabe pensar que éstas se originan -según se fundamentó al plantear el constructo hipotético en P.3- en el distinto tipo de actividad que comportan para los alumnos y para los profesores las estrategias didácticas constructivistas y las de modelado. En el punto 1 de 10.1.1.1 ya se ha aludido a la diferente conceptualización y actividad cognitiva que potenciaban ambas estrategias didácticas. Se añade, a las explicaciones dadas en ese momento, una nueva argumentación que viene a reforzar aún más dicha interpretación.

Esta argumentación se centra en el distinto nivel de implicación cognitiva y de toma de decisiones de los alumnos en la preparación de la actividad práctica de análisis de

objetos. Mientras que los grupos de modelado (con y sin DF) reciben explicaciones del profesor sobre cómo debe ser esta puesta en práctica del procedimiento, a la vez que les "demanda el uso de secuencias fijas del procedimiento"¹⁵¹; los grupos constructivistas (con y sin DF) se plantean -a partir de los constantes interrogantes que les formula el profesor- cómo y en qué aspectos debe analizarse un objeto tecnológico (fruto de este trabajo el grupo obtendrá su propia propuesta de análisis). La implicación previa a la realización de la tarea que se les exige a los grupos experimentales es bien diferente según la estrategia didáctica asignada.

En un caso (estrategia de modelado) se les dice a los alumnos que se les va a preguntar sobre el objeto y que a partir de aquí deberán poner en práctica determinados procedimientos. En el otro (estrategia constructivista) son los propios alumnos quienes se preguntan sobre cualquier objeto tecnológico y sobre los procedimientos que deberán aplicar durante el análisis. En el primero reciben instrucciones y aplican el procedimiento. En cambio en el segundo piensan, discuten, acuerdan y luego aplican aquello que ellos mismos han considerado esencial del procedimiento.

Pero las diferencias intragrupo halladas también permiten inferir -según se había anunciado al formular el constructo hipotético- cómo el empleo de la estrategia constructivista en combinación con los diagramas de flujo pueden comportar una mejor práctica en el análisis de objetos que cuando la misma estrategia no incorpora los diagramas de flujo. Mientras que el grupo constructivista con DF (GE1) denota un incremento significativo en la aplicación de cinco de las ocho categorías consideradas¹⁵², el grupo constructivista sin DF (GE 2) lo hace sólo en cuatro.

¹⁵¹ Conducta del profesor modelador integrada en la categoría "Regula externamente la ejercitación" (en 8.6.1.1) del sistema de categorías utilizado para analizar la intervención docente. El anexo 8.39 recoge como esta actuación del profesor está presente en varias ocasiones -para los dos grupos experimentales que siguen la estrategia de modelado- en las sesiones donde se trabaja el procedimiento de análisis de objetos tecnológicos.

¹⁵² La tabla 10.3 y el mapa de significaciones del anexo 10.2 recogen que el grupo constructivista con DF (GE1) obtiene diferencias significativas en los contrastes intergrupos con los tres grupos experimentales restantes en el pretest1 en la categoría de "Medición". Estos resultados denotan -en principio- un mayor conocimiento previo del GE1 en la aplicación del procedimiento de medición durante el análisis de objetos. Las diferencias desaparecen a partir de la intervención educativa en la fase empírica en todos los contrastes intergrupos efectuados. Lo cual llevaría a inferir que todos los grupos experimentales -excepto el constructivista con DF (GE1)- alcanzan logros positivos en el empleo de la categoría "Medición".

Pero además de estos datos debe considerarse que es el grupo experimental con DF (GE1) el único que obtiene diferencias intragrupo en esta misma categoría. Observando la figura

Entre las posibles causas que pueden explicar el origen de estas diferencias debe considerarse el efecto que hayan podido tener el empleo de los diagramas de flujo de acuerdo con el supuesto hipotético expresado en el preámbulo del estudio empírico. En este mismo capítulo -en los puntos 3 de 10.1.1.1 y 2 y 5 de 10.1.2.1- se argumenta y explica cómo contribuye este sistema de representación gráfica en la elaboración interna que el alumno realiza sobre el conocimiento declarativo. Con los argumentos allí expuestos se puede explicar, en parte, la diferencia entre ambos grupos pues no cabe descartar que junto a estas influencias hayan incidido otras causas no apresables ni en el análisis de las producciones de los alumnos ni en el análisis del desarrollo de las sesiones de clase¹⁵³.

(2) Contraste intergrupo en la categoría "Descripción"

El grupo constructivista que usa diagramas de flujo obtiene diferencias significativas en la categoría "Descripción" en comparación con el grupo constructivista que no utiliza diagramas de flujo.

Las diferencias, obtenidas en la medida postest1 tras finalizar la intervención (ver tabla 10.3 y anexo 10.2), evidencian que las descripciones realizadas por los alumnos del grupo constructivista con DF (GE1) son en ese momento más completas -respecto a la información que proporcionan del objeto analizado- que las elaboradas por los alumnos del grupo constructivista sin DF (GE2). Ello significa, atendiendo al núcleo conceptual que define la categoría (en 8.6.2.3), que los alumnos del primer grupo dan

9.32 en 9.3.4 se detecta que no se trata de una diferencia favorable, en términos de incremento de aprendizaje, sino que se da en sentido contrario. Mientras que en el pretest el grupo recurre a la medición, en el postest1 y en el postest2 no hace uso de ella de forma significativa. Se da pues, *a priori*, un desaprendizaje a modo de olvido en la aplicación de la categoría de "Medición" durante el análisis de objetos.

Pensamos que existe una explicación plausible a tan extraños y contradictorios resultados (en comparación con los habidos en el resto de categorías analizadas) que pueden atribuirse a un efecto mimético. Si durante el pretest hubo algún alumno del grupo constructivista con DF que sacó de su plumier o estuche una regla para efectuar -por iniciativa propia y de forma espontánea- alguna medida del objeto analizado, otros compañeros pudieron observar la actuación y decidir ponerla también ellos mismos en práctica. Así, la simple mimesis espontánea (según se explica en el marco teórico en 5.1) podría haber originado los resultados espectaculares de este grupo experimental.

Lamentablemente no es posible contrastar esta interpretación debido a que el criterio adoptado sobre los registros videográficos no incluía grabar -en la sesión de detección de conocimientos previos- a los grupos experimentales que utilizaban los diagramas de flujos (grupos experimentales 1 y 3). Pues la habituación a la presencia de la cámara de estos grupos se realizó en las sesiones en que se aplicó la formación práctica en la construcción de diagramas de flujo.

¹⁵³ La revisión efectuada de las sesiones donde se trabaja el análisis de objetos con los dos grupos experimentales constructivistas no denota que se haga un tratamiento diferencial de la inclusión de la categoría "ejemplificación" al elaborar el conocimiento sobre el

explicaciones más detalladas del objeto atendiendo a sus características físicas, estéticas, anatómicas, funcionales y de su funcionamiento, mantenimiento o uso que los alumnos del segundo grupo.

Aunque las diferencias entre ambos grupos en esta categoría no pueden considerarse muy perdurables en el tiempo, dado que no se reproducen en la medida postest2 que se efectúa para verificar la continuidad de los aprendizajes realizados, sí que corroboran -al igual que los resultados en las comparaciones intragrupo que acaban de comentarse- el supuesto hipotético definido en el tercer punto del preámbulo según el cuál cuando la estrategia constructivista incorpora los diagramas de flujo cabe esperar un mejor aprendizaje de los procedimientos heurísticos.

Para explicar cómo los diagramas de flujo propician la aparición de estas diferencias, cuando la estrategia didáctica es la misma para ambos grupos y no se aprecia un tratamiento diferencial entre los dos grupos constructivistas¹⁵⁴, debe considerarse la utilización que hacen de esta herramienta los alumnos del grupo constructivista con DF con relación a la categoría "Descripción" y qué consideración tiene esta categoría para los alumnos del grupo constructivista sin DF en la expresión del conocimiento declarativo sobre el procedimiento.

Para ello se lleva a cabo un análisis particular de las producciones de los alumnos de ambos grupos en el postest1 con relación a la expresión de la secuencia que consideran se debe seguir al analizar un objeto tecnológico. Este análisis permite conocer hasta qué punto los alumnos ven la descripción como una tarea que necesariamente debe efectuarse al analizar un objeto tecnológico. En el análisis se observan tres situaciones distintas con relación a la descripción:

- Referencia directa. Se considera cuando el alumno alude explícitamente a la necesidad de describir el objeto al analizarlo, lo cual debe interpretarse como que

procedimiento según la estrategia definida en 8.5.5.1 y en los anexos 8.10 y 8.12 ni al ponerlo en práctica.

¹⁵⁴ Se llega a esta afirmación tras visionar de nuevo los registros videográficos que recogen las actuaciones del profesor constructivista en los dos grupos experimentales y las intervenciones de los alumnos. Se revisan primero las sesiones en que los grupos ponen en práctica el procedimiento de análisis de objetos y luego las sesiones en que se trabaja el procedimiento a nivel declarativo. Se observa en ambos casos si acontecen hechos, intervenciones o circunstancias particulares que puedan explicar la diferencia en esta categoría. Ya sea porque en el grupo constructivista con DF se incide en mayor medida en el empleo de la descripción como procedimiento que permite informar sobre el conocimiento hallado al analizar el objeto o bien porque en el grupo constructivista sin DF se inhibe el uso de la descripción en el análisis.

considera que esta categoría (procedimiento de descripción) es una acción esencial del proceso de análisis.

- Referencia indirecta. Se considera cuando el alumno expresa la necesidad de realizar una descripción al analizar un objeto, aunque lo hace sin manifestarlo directamente sino aludiendo a otras acciones equivalentes cuya puesta en práctica comporta la realización de una descripción. Son ejemplo de referencias indirectas: "*Apuntamos aquello que estamos observando...*", "*Escribimos como es el objeto...*" o "*Explicamos como es el objeto*".
- Sin referencia. Se considera cuando el alumno no hace ningún tipo de alusión que se corresponda con las referencias anteriores a la categoría de "Descripción".

Los resultados de este microanálisis muestran cómo la mayoría de alumnos del grupo constructivista con DF aluden a la necesidad de realizar descripciones durante el análisis mientras que en el grupo constructivista sin DF la mayoría de alumnos no hace ninguna referencia al empleo de la descripción¹⁵⁵. Esta circunstancia puede explicar las diferencias que recoge el enunciado de este segundo punto, evidenciando como la representación externa que se efectúa sobre el procedimiento contribuye - como ya se ha argumentado en el punto 2 de 10.1.2.1- a tener un mayor conocimiento del mismo y, en este caso, a aplicar dicho conocimiento cuando debe analizarse un objeto tecnológico. Se someten a contraste estadístico, mediante las pruebas de χ^2 , los resultados del microanálisis para verificar si las diferencias apreciadas inicialmente son significativas. Los resultados de estos contrastes estadísticos corrobora que existen diferencias significativas entre ambos grupos con un nivel de confianza del 99% en cuanto a la presencia de la categoría descripción en la secuencia que expresan sobre el procedimiento de análisis de objetos.

(3) Contraste intergrupo en la categoría "Representación"

El grupo constructivista que no utiliza los diagramas de flujo obtiene diferencias significativas respecto a los grupos de modelado (con y sin DF) en la categoría "Representación" en la puesta en práctica del análisis de objetos tecnológicos.

El grupo constructivista sin diagramas de flujo (GE2) obtiene -en la categoría de "Representación"- diferencias significativas en contraste con los dos grupos que siguen la estrategia de modelado. De acuerdo con el núcleo conceptual que define

¹⁵⁵ Los resultados en el grupo constructivista con DF son: referencia directa, 2; referencia indirecta, 7 y sin referencia, 4. En el grupo constructivista sin DF: referencia directa 2, referencia indirecta, 2 y sin referencia, 10.

esta categoría de análisis (en 8.6.2.3), los alumnos de este grupo experimental recurren de forma habitual al uso de dibujos, figuras o símbolos para aportar informaciones que consideran relevantes del objeto que están analizando. Han optado, por tanto, por el empleo sistemático de la "Representación" en los análisis que realizan de objetos tecnológicos.

Se trata además de una actuación diferencial que tiene continuidad en el tiempo dado que las diferencias significativas también aparecen en las dos medidas que se realizan tras la intervención educativa. Se dan en el postest1 y en el postest2 cuando se compara el grupo constructivista sin DF (GE2) con los grupos 3 y 4 (estrategia de modelado con y sin DF respectivamente).

Si nos atenemos a la cantidad y calidad -cifrada ésta última a partir de los detalles representados, los señalizadores gráficos empleados y las etiquetas verbales introducidas- el grupo constructivista sin DF parece haber encontrado en los dibujos y croquis un medio útil para expresar el conocimiento aprehendido sobre el objeto analizado. La forma de expresarlo no se reduce al empleo del lenguaje verbal sino que para este grupo experimental cobra protagonismo otro tipo de soporte expresivo: el gráfico. Refuerza esta interpretación que el grupo muestra una progresión constante en el empleo de la categoría "Representación". Hasta el punto que es en la medida postest2, después de cuatro meses de concluida la intervención, cuando el grupo hace un mayor uso de los dibujos para aportar información sobre el objeto analizado (ver figura 9.31).

Las diferencias significativas pueden atribuirse al tipo de estrategia empleada y, más en concreto a las decisiones que el grupo constructivista sin DF tomó cuando estaba elaborando el conocimiento declarativo sobre el análisis de objetos tecnológicos. Encontramos evidencia de esta explicación en los registros videográficos de las tres primeras sesiones donde el grupo trabaja el procedimiento heurístico de análisis. En ellas se aprecia cómo son los propios alumnos quiénes introducen la necesidad de recurrir a los dibujos como medio para ofrecer información sobre el objeto analizado. El interés del grupo por recurrir a la "Representación" les lleva a introducir en el segundo guión de análisis elaborado por este grupo experimental (ver anexo 8.28) una referencia explícita a la categoría. Lo hacen en el primer bloque de cuestiones que encabezan con la etiqueta de "Características" del objeto mediante la pregunta "*¿Cómo es?*" a la que sigue entre paréntesis este enunciado "*Se puede explicar y hacer un dibujo*". O sea que el grupo deja, por iniciativa propia y por escrito, la

posibilidad de recurrir a dibujos, figuras, croquis u otras representaciones simbólicas para explicar como es el objeto.

Por su parte los dos grupos de modelado también tienen en el guión de análisis que les proporciona el profesor una indicación expresa a la necesidad de realizar un dibujo sobre el objeto. Esta indicación se encuentra en la cuestión 21 del bloque "Análisis tecnológico" mediante el enunciado "*Haz un dibujo de todo el objeto y señala las diferentes partes que lo componen*" (ver anexo 8.30).

O sea, los tres grupos experimentales cuentan con indicaciones similares, aunque de origen distinto: en el grupo constructivista inducidas por el propio grupo y en los de modelado originadas externamente. Las diferencias significativas que expresa el enunciado (favorables al grupo constructivista sin DF) refrendan, según se fundamentó en el tercer punto del preámbulo, cómo la elaboración personal del conocimiento a partir de "*la actividad mental y la participación activa del que aprende en su propio proceso de aprendizaje*" (Lacasa: 1994: 55) puede ser determinante en los resultados de aprendizaje.

Pero no debe olvidarse que esta actividad del alumnado no se da de forma individual sino que tiene lugar en el aula, donde la estrategia constructivista promueve que la construcción del conocimiento se realice también colectivamente. Por tanto, en la explicación del porqué de las diferencias halladas debe considerarse -desde la perspectiva del constructivismo social recogida en el marco teórico (ver 5.3.3)- la incidencia determinante que tienen los intercambios grupales en el conocimiento que acaban generando individualmente los alumnos de dicho grupo. Mientras que en los grupos que siguen una estrategia de modelado se produce una inducción externa (es el profesor quien promueve a los alumnos a que cuando tengan que analizar un objeto hagan dibujos de él) en el grupo constructivista sin DF la inducción es grupal a través de una actividad dialógica de construcción del conocimiento sobre el procedimiento. Actividad que se origina en una aportación individual que es considerada -revisada, discutida, modificada- entre todo el grupo hasta ser aceptada o rechazada definitivamente.

(4) Contraste intergrupo en la categoría "Establecimiento de relaciones"

Los grupos que adoptan las estrategias de modelado (con y sin diagramas de flujo) obtienen diferencias significativas respecto al grupo constructivista sin diagramas de flujo en la categoría "Establecer relaciones" cuando ponen en práctica el análisis de objetos tecnológicos.

Las diferencias significativas se dan en los contrastes entre los grupos de modelado con DF (GE3) y de modelado sin DF (GE4) con el grupo constructivista sin DF (GE2) en la medida postest1 en la categoría "Establecer relaciones" (ver tabla 10.3 y anexo 10.2). Dicha categoría consiste, según se definió en 8.6.2.3, en elaborar y formular vínculos entre elementos que conforman el objeto o bien entre el objeto como un todo y variables externas que le afectan.

Aunque estos resultados entran en contradicción con lo que se puede pensar desde una perspectiva teórica y con el supuesto inicial formulado en el preámbulo de esta parte del estudio (pues en principio una intervención constructivista debería potenciar, al propiciar en el alumno la búsqueda de significados, que los alumnos que siguen este tipo de estrategia estableciesen relaciones al analizar un objeto en mayor medida que los que tienen asignada una intervención basada en el modelado), las actuaciones del profesor durante la intervención en los grupos que siguen la estrategia de modelado posiblemente permiten explicar, en parte, ambas diferencias significativas.

Esta explicación se obtiene tras revisar los análisis de las actuaciones del profesor modelador en la categoría "Regular externamente la ejercitación" que incorpora el enunciado "*Anticipa las respuestas que han de dar los alumnos durante la actividad*"; y revisar también los registros videográficos de las sesiones en que los alumnos analizaban objetos en la clase durante la fase de intervención y comprobar cómo el profesor plantea con insistencia la necesidad de establecer relaciones durante el análisis de objetos.

En el análisis de las actuaciones se aprecia que el profesor modelador anticipa respuestas sobre el contenido¹⁵⁶. Y la revisión de los registros videográficos que recogen dichas actuaciones revela cómo cuando el profesor anticipa respuestas que los alumnos deben dar sobre el objeto analizado, establece con frecuencia relaciones entre partes o elementos del objeto y entre éstos y factores contextuales de distinta índole (comerciales, éticos o industriales entre otros).

Esta tendencia a establecer relaciones aparece ya cuando el profesor explica a los alumnos en qué consiste el análisis de objetos tecnológicos. El análisis de las dos primeras sesiones con cada uno de estos grupos experimentales muestra cómo el profesor ya "*Establece relaciones entre el contenido expuesto y las situaciones del*

¹⁵⁶ En el grupo de modelado con DF la conducta aparece 16 veces de los 22 apuntes registrados y en el grupo de modelado sin DF aparece en 13 ocasiones de 22; (ver anexo 8.39).

propio entorno del alumno" (enunciado de la categoría "Explica el contenido"; en 8.6.1.1)¹⁵⁷.

Se comprueba que en la práctica el profesor modelador tiende a establecer continuas relaciones entre elementos de los objetos analizados, pudiendo propiciar que los alumnos de los dos grupos de modelado tiendan también a imitar dicha actuación en la primera medida tras la intervención (postest1). Por ello es probable que las diferencias obtenidas pueden explicarse, en parte, por estas intervenciones espontáneas del profesor. Intervenciones posibles debido a la situación ecológica en que se realiza el estudio.

A pesar de estos resultados las diferencias significativas son poco permanentes. Su perdurabilidad temporal es escasa como evidencia que no aparezcan de nuevo transcurridos cuatro meses, en la medida postest2. El paso del tiempo provocaría en este caso el olvido en los alumnos de los grupos de modelado (con y sin DF) de la necesidad de establecer relaciones cuando se analiza un objeto tecnológico. Las diferencias tampoco son consistentes pues, a pesar de que aparezcan en contrastes intragrupos, ninguno de los dos grupos que siguen la estrategia de modelado denotan una evolución significativa en el contraste intragrupo.

10.1.3 Sobre los aprendizajes en la construcción de diagramas de flujo

Recordamos que uno de los objetivos del estudio -ver P.2- persigue contrastar la idoneidad de los diagramas de flujo como herramienta para la representación externa del conocimiento procedimental y su utilidad como auxiliar en la enseñanza-aprendizaje de los procedimientos. Se ha visto en los subapartados anteriores cuál ha sido la incidencia de los diagramas de flujo como auxiliar didáctico en el aprendizaje de procedimientos. También se ha tratado sobre sus potencialidades como instrumento de representación externa del conocimiento declarativo que el alumno elabora internamente de un procedimiento.

Ahora seguimos ocupándonos de este último aspecto comentando la aplicación que de los diagramas de flujo hacen los grupos experimentales que utilizan este sistema de representación. Las pocas diferencias significativas encontradas en las

¹⁵⁷ En el grupo de modelado con DF la conducta aparece 5 veces de los 52 apuntes registrados y en el grupo de modelado sin DF aparece en 7 ocasiones de 54; (ver anexo 8.39).

comparaciones entre el grupo constructivista con diagramas de flujo (GE1) y el grupo de modelado con diagramas de flujo (GE3), nos lleva a sintetizarlas en único enunciado.

(1) Contrastes intra e intergrupo en la construcción de DF

Los dos grupos experimentales que expresan la secuencia del procedimiento mediante DF, hacen un uso eficaz del lenguaje de este sistema de representación gráfica.

Así lo evidencian los resultados obtenidos por el grupo constructivista con DF (GE1) y por el grupo de modelado con DF (GE3) en los contrastes intragrupos efectuados (ver 9.4.2) y la ausencia de diferencias significativas en los contrastes intergrupo en la medida postest1 (ver 9.4.1).

No obstante sí que aparecen diferencias en otras medidas entre ambos grupos (test y postest2; en tabla 9.33 y figura 9.34 del apartado 9.4.1) que son favorables al grupo constructivista que emplea los diagramas de flujo. En el resto de medidas realizadas también se aprecia esta tendencia, pues las diferencias entre ambos grupos -sin ser significativas- se mantienen y son siempre favorables al GE1 (constructivista con DF).

De modo que, según el tipo de estrategia didáctica (constructivista o de modelado), los alumnos tienden a elaborar diagramas de flujo distintos en cuanto a la secuencia expresada y en cuanto al número de elementos empleados para elaborarla. Una de las posibles causas para explicar el porqué de esta tendencia puede atribuirse a que, si bien ambos grupos aprenden a construir diagramas de flujo siguiendo un mismo programa de aprendizaje, su uso difiere sensiblemente de acuerdo con la estrategia psicodidáctica seguida durante la intervención.

- Así, el grupo de modelado con DF (GE3) dispone -según la estrategia definida en 8.5.4.2 y aplicada durante la intervención- de diagramas de flujo donde se representan las secuencias de los procedimientos. En el momento de expresar el conocimiento declarativo sobre el procedimiento -tanto en el uso del pie de rey como en el análisis de objetos- los alumnos de este grupo experimental tienden a reproducir la secuencia mostrada y también a reducir el número de elementos gráficos empleados para construirla. La reducción de elementos se evidencia en los resultados obtenidos por el grupo y quizás pueda explicarse -sin descartar otras hipótesis- por la necesidad de los alumnos de simplificar el diagrama construido. En cuanto al hecho de reproducir la secuencia mostrada por el profesor es muy probable que se dé cuando existe un modelo previo que ha sido reiteradamente empleado por el alumno durante todo el proceso de aprendizaje.

Esta disposición a la repetición lleva incluso, a algunos alumnos, a una expresión del conocimiento declarativo propio que es una copia casi idéntica de la secuencia empleada por el profesor durante la estrategia. El anexo 10.5 aporta, a modo de ejemplo, dos diagramas de flujo elaborados por dos alumnos sobre el uso del pie de rey y sobre el análisis de objetos. Comparándolas con las respectivas secuencias según se definen en el marco teórico (figuras 3.5 y 3.7 en 3.4) se evidencia la reproducción a que tienden estos alumnos al expresar el conocimiento declarativo.

- En cambio los alumnos del grupo constructivista con DF (GE1) indirectamente se les reclama que hagan una elaboración personal de la secuencia que comporta el desarrollo del procedimiento. Son alumnos que no disponen de una secuencia externa y accesible para todos. La única secuencia que comparten es la que verbalmente han elaborado entre todos cuando discernían conjuntamente (siguiendo la estrategia constructivista definida en 8.5.4.1) sobre las acciones que comporta el procedimiento. Ello les lleva, no sólo a expresar la elaboración cognitiva personal sobre el procedimiento mediante el diagrama de flujo, sino que además les empuja a emplear un mayor número de elementos en la representación. Dos evidencias sustentan esta explicación: el número de elementos representados (resultados en 9.4) y la inclusión de nuevos elementos en los diagramas de flujo construidos.

Aunque sin ser resultados derivados de contrastes significativos -dado que la definición hecha en 8.6.2.4 sobre el análisis del conocimiento procedimental en la construcción de diagramas de flujo no los contemplaba- se aprecian otros logros y sucesos con relación a la utilización que de los diagramas de flujo hacen los grupos experimentales que merecen cierta atención. Se trata de dos observaciones, realizadas a partir de los resultados empíricos y de las producciones de los alumnos, que aportan informaciones de orden cualitativo interesantes para avanzar en el conocimiento desarrollado sobre la presencia de los diagramas de flujo en los procesos de enseñanza-aprendizaje de procedimientos tecnológicos.

Para presentarlas seguimos recurriendo a la fórmula de situar en primer lugar un breve enunciado del suceso y desarrollar, posteriormente, un comentario sobre él.

- | | |
|---|--|
| a | Se observan diferencias en los niveles de representación de la secuencia según sea el sistema adoptado para representarla. |
|---|--|

Al analizar las producciones se ha constatado que los alumnos, en función de la estrategia didáctica seguida, recurren a tres formas distintas (enumeración, descripción y diagrama de flujo) para expresar el conocimiento declarativo que elaboran sobre el procedimiento¹⁵⁸. Son formas que comportan, según las características inherentes a cada modalidad expresiva, la activación de procesos cognitivos distintos que dan pie a considerar que se dan diferentes niveles de desarrollo en la expresión de la secuencia. Se aprecian tres niveles distintos, según sea la modalidad de representación adoptada.

- Un nivel básico donde el alumno se limita esencialmente a reproducir, mediante enumeración, las acciones que integran la secuencia del procedimiento.
- Otro de más desarrollado donde la secuencia de acciones se presenta a partir de una descripción donde se explican con cierto detalle los pasos que integran la secuencia para el alumno. Incluso, en ocasiones, el alumno incorpora a la descripción detalles que matizan, precisan o amplían alguna de las acciones o la secuencia en general.
- En el tercero, cuando los alumnos emplean los diagramas de flujo, expresan la secuencia de acciones y al mismo tiempo las relaciones que se establecen entre ellas y algunas de las condiciones de realización que les afectan. En este caso se efectúa un despliegue en el espacio de la secuencia que denota visualmente la temporalidad, el orden de las acciones, las relaciones entre ellas y otros condicionantes que para el alumno definen el procedimiento.

En el análisis cualitativo que se expone en el siguiente apartado se profundiza sobre estas diferencias. En él se explica cómo los grupos que utilizan los diagramas de flujo expresan representaciones distintas -en algunas características determinadas- respecto a las que se exponen siguiendo otras modalidades de expresión del conocimiento declarativo.

b Por iniciativa propia alumnos del grupo constructivista con diagramas de flujo añaden elementos novedosos al elaborar sus diagramas de flujo.

Aunque no todos los alumnos de este grupo experimental manifiestan esta iniciativa (y también lo hace alguno del grupo de modelado con DF), se observa una tendencia a agregar elementos distintos a los seis básicos empleados en la construcción de los

¹⁵⁸ En el anexo 10.6 se recogen cuatro producciones representativas de las formas que tiene cada grupo experimental de expresar el conocimiento declarativo.

diagramas de flujo (elipse, rectángulo, rombo, líneas, flechas y partículas Sí/No ; ver 8.5.2 y 8.6.2.4)¹⁵⁹. Son elementos no empleados durante el programa de aprendizaje y que tampoco forman parte de la simbología estandarizada en el lenguaje de los diagramas de flujo (ver 7.2.2). Se trata de recursos adoptados espontáneamente con un objetivo evidente: hacer una representación externa más fidedigna y completa del conocimiento declarativo que el alumno tiene del procedimiento. Para ello recurren a:

- La inclusión de otros símbolos de diseño propio o bien de elementos expresivos, como llaves o paréntesis al lado de una acción o decisión, donde se detallan aspectos concretos relacionados con la acción expresada.
- El empleo de conectores, también de diseño propio, para enlazar partes del diagrama dispuestas en hojas distintas.
- El uso de dibujos que ilustran o detallan la acción expresada.
- La utilización de ejemplos expresados verbalmente que clarifican la acción a realizar.

La presencia de alguno de estos componentes en los diagramas de flujo elaborados evidencia la capacidad de los alumnos para flexibilizar -cuando se les pide que expresen el conocimiento declarativo sobre un procedimiento- un lenguaje gráfico que en principio se concibe como rígido y cerrado y adaptarlo a sus necesidades de expresión. Esta flexibilización se corresponde con un tipo de actuación que Hetland y otros (1999) recogen en una investigación sobre la comprensión de los niños en la escuela. En su trabajo dan detalles de cómo alumnos de 12 años también recurren a dibujos y otros elementos gráficos cuando se les pide que expliquen el proceso que se sigue cuando se busca averiguar cosas que ocurrieron hace mucho tiempo y/o en otros lugares.

Y su uso se explicaría, siguiendo a Martí y Pozo (2000b), por el hecho de que mientras los alumnos aprenden a utilizar los diagramas de flujo pueden incluir otros elementos para poder expresarse según su voluntad: *"En el proceso de adquisición de los sistemas notacionales, el sujeto deberá reconstruirlos a su manera, forjándose teorías sobre las representaciones externas (que se pueden reflejar a partir de sus producciones, interpretaciones y usos). Incluso el conocimiento de cada uno de los elementos que constituyen una determinada representación externa, como puede ser el uso de diagramas, o gráficas numéricas, no asegura un uso eficaz por parte del*

¹⁵⁹ El anexo 10.7 incluye un ejemplo de esta afirmación.

sujeto, si éste no logra organizar adecuadamente esos diferentes elementos dentro de una representación estructurada (Martí y Pozo, 2000b: 18-19).

10.1.4 Análisis cualitativo de las representaciones sobre el conocimiento declarativo

Buena parte de la discusión de los resultados se ha focalizado en intentar dilucidar el porqué de las diferencias significativas obtenidas -en los contrastes intergrupo- en la expresión del conocimiento declarativo sobre el uso del pie de rey o sobre el análisis de objetos tecnológicos. Las argumentaciones y explicaciones ofrecidas en los apartados 10.1.1 y 10.1.2 permiten comprender en gran medida el sentido de las diferencias halladas. Pero consideramos que un análisis de tipo cualitativo de las producciones de los alumnos donde expresan el conocimiento declarativo elaborado sobre el procedimiento, podría permitirnos conocer con mayor precisión los cambios habidos en el aprendizaje declarativo sobre el procedimiento y podría completar las explicaciones dadas hasta el momento.

A fin de dar respuesta a estas expectativas se opta por realizar un análisis cualitativo de las representaciones hechas por aquellos alumnos que -en cada grupo experimental- se muestran más y menos competentes en el aprendizaje de los procedimientos que han sido objeto de estudio. En un principio se restringe el análisis a un reducido número de alumnos pues no se pretende diseñar y aplicar en su totalidad este nuevo análisis a toda la muestra final, sino realizar un análisis puntual de algunos casos significativos extremos, ya sea por el elevado o por el escaso nivel de competencia manifestado por el alumno. Posteriormente, en caso de encontrar aspectos significativos que muestren diferencias intergrupos se analizan exclusivamente estas diferencias en el resto de los grupos experimentales. Se expone en primer lugar cómo se realiza el análisis y, a continuación, se presentan y comentan los resultados con relación a aspectos concretos de la discusión habida en los subapartados anteriores.

10.1.4.1 Definición y aplicación

El análisis cualitativo que se propone considera una serie características diferenciadoras que se aprecian (o pueden apreciarse) en las descripciones, en las

enumeraciones o en los diagramas de flujo elaborados por los alumnos sobre la secuencia de un procedimiento (uso del pie de rey o análisis de objetos tecnológicos) en las medidas pretest, postest1 y postest2.

Sea cual fuere la forma (descripción, enumeración o diagrama de flujo) con que un alumno expresa el conocimiento declarativo sobre un procedimiento, dicha representación denota la estructura que sobre el procedimiento ha desarrollado conceptualmente cada alumno. Esta estructura (representada externamente) da muestra del conocimiento declarativo desarrollado sobre el procedimiento en base a los distintos significados que, cada alumno, elabora sobre la secuencia del procedimiento¹⁶⁰. Al ser una producción individual estamos ante una estructura única y diferente para cada alumno en cada procedimiento. Pero, más allá del contenido y de las peculiaridades presentes en cada estructura, existen ciertas características que permiten distinguir elementos o cualidades que, pudiéndose encontrar en todas las representaciones, no están siempre presentes ni lo están en el mismo modo y sentido. Son estas características las que identificamos para, posteriormente, aplicarlas al análisis cualitativo propuesto.

La identificación de las características se realiza revisando producciones de alumnos de todos los grupos experimentales, consultando el marco teórico y acudiendo a fuentes bibliográficas concretas. Una vez identificadas se etiquetan y definen. Todas las características tienen un formato dicotómico que permite asociar la estructura analizada a uno de los dos polos o componentes que la concretan. De este modo puede que la estructura representada por el alumno se ajuste totalmente a uno de dichos componentes o bien se sitúe entre ambos con un mayor o menor grado de proximidad a uno u otro.

¹⁶⁰ La estructura procedimental no tiene porque limitarse a recoger las acciones que el sujeto debe desempeñar y las decisiones que debe tomar para ejecutar el procedimiento, o a establecer relaciones (de orden y de decisión) entre dichas acciones y decisiones.

La estructura procedimental puede verse afectada (enriquecida) -según se vió en el marco teórico (capítulo 4)- por otros tipos de conocimiento asociados al conocimiento procedimental. Entre estos conocimientos que pueden incorporarse a una estructura procedimental destacamos: el conocimiento explicativo o estructural (saber el porqué de las acciones), el conocimiento situacional (alteración de los significados según el contexto) o el conocimiento tácito (dimensión subjetiva del conocimiento procedimental que surge con la puesta en práctica del procedimiento).

Además toda estructura procedimental puede incorporar otros elementos significativos para el alumno aunque éstos no se correspondan con ninguno de los conocimientos asociados directa o indirectamente con el procedimiento.

Atendiendo a las ocho características finalmente adoptadas cualquier estructura sobre el conocimiento declarativo expresado de un procedimiento puede caracterizarse por ser: única o compuesta; genérica o particular; original o reproducida; sustantiva o disonante; desplegada o reducida; ordenada o desordenada; relacional o no relacional y estable o modificada.

El anexo 10.8 recopila esta agrupación, etiquetación y definición. Cada característica se presenta mediante un núcleo conceptual que delimita el significado de cada uno de los dos componentes que la especifican. A cada núcleo conceptual se le añaden comentarios que precisan, matizan o amplían la definición inicial con objeto de facilitar la comprensión y unificar la interpretación.

La selección de las producciones de los alumnos que deben ser analizadas en base a estas características se efectúa según el siguiente procedimiento.

1. De cada grupo experimental se separan las representaciones expresadas en el postest1 sobre el conocimiento declarativo de cada procedimiento objeto de estudio correspondientes a tres alumnos con mayor competencia en el procedimiento y de otros tres que manifiestan ser menos competentes. El grado de competencia de los alumnos se establece a partir del conocimiento declarativo que expresan sobre el procedimiento en el análisis efectuado de sus representaciones (resultados presentados en el anexo 8.45 y en los apartados 9.3.2 y 9.3.1).

Son más competentes aquellos alumnos que muestran tener, a partir del número de acciones clave y base expresadas al elaborar la secuencia del procedimiento¹⁶¹, un mayor conocimiento declarativo sobre el análisis de objetos tecnológicos. Cuanto mayor es el número de acciones clave expresadas mayor se considera su competencia y, ante un mismo número de acciones clave, es más competente aquel alumno que expresa un mayor número de acciones base.

Son menos competentes aquellos alumnos que muestran tener, a partir del número de acciones clave y base expresadas al elaborar la secuencia del procedimiento, un menor conocimiento declarativo sobre el análisis de objetos tecnológicos. Cuanto menor es el número de acciones clave expresadas menor se considera su competencia y, ante un mismo número de acciones clave, es menos competente aquel alumno que expresa un menor número de acciones base.

¹⁶¹ No se consideran el número de acciones prescindibles expresadas dado que su presencia en la secuencia no afecta a la puesta en práctica del procedimiento. Las acciones erróneas no se contemplan dado que en el postest1 ninguno de los alumnos de los cuatro grupos experimentales expresa este tipo de acciones (ver anexo 8.45).

2. Se extrae al azar (para cada procedimiento y grupo experimental) una de las representaciones correspondientes a los tres los alumnos más competentes y otra de las efectuadas por los tres alumnos que muestran menor competencia.
3. A las representaciones en el postest1 de cada alumno seleccionado, se les añade las representaciones hechas por cada uno de ellos en el pretest y en el postest2.

El análisis se realiza a partir de las representaciones efectuadas en el pretest y en el postest1. Se utilizan estas dos representaciones y la del postest2 para constatar la permanencia en el tiempo de las estructuras expresadas sobre el conocimiento declarativo. El análisis se realiza, para cada una de las características consideradas, de acuerdo con las siguientes indicaciones. Se detecta inicialmente, para cada característica, cuál de los dos componentes (polos) denota la estructura que está siendo analizada. Seguidamente se añade un comentario que precisa y pone de manifiesto el porqué de dicha asignación al recoger elementos significativos apreciados en la característica que está siendo analizada de la estructura representada.

10.1.4.2 Resultados y discusión

Los resultados del análisis cualitativo se presentan en las cuatro tablas del anexo 10.9. Están agrupados por procedimientos y por alumnos más y menos competentes, diferenciando a qué grupo experimental corresponden. En dichas tablas, dentro de una característica y alumno, el primer comentario está referido a la estructura representada en el pretest y el segundo a la representada en el postest1. En el apartado donde se analiza la permanencia en el tiempo de la estructura se realiza un único comentario focalizado esencialmente en discernir sobre la transformación habida o no en la estructura del postest2 en comparación con la del postest1. En el siguiente anexo, el 10.10, se resumen los resultados del análisis cualitativo ofreciendo un comentario global para cada alumno (más y menos competente) en cada procedimiento. Este comentario sintetiza, desde una perspectiva evolutiva, las principales transformaciones que se aprecian en las estructuras procedimentales que han elaborado y expresado los alumnos del conocimiento declarativo sobre el uso del pie de rey y sobre el análisis de objetos tecnológicos.

En base a los resultados recogidos en ambos anexos (10.9 y 10.10) proseguimos con la discusión de los resultados realizada en los subapartados anteriores (10.1.1; 10.1.2

y 10.1.3) sobre los aprendizajes habidos en cada procedimiento (uso del pie de rey, análisis de objetos y construcción de diagramas de flujo, respectivamente). La discusión se realiza destacando las diferencias habidas entre las estructuras representadas por los alumnos según el tipo de estrategia seguida y su nivel de competencia y la correspondencia entre estas diferencias y las diferencias significativas halladas al aplicar las pruebas estadísticas en el postest1. También se recuperan algunos de los comentarios realizados y explicaciones argüidas hasta el momento y se completan con los nuevos datos obtenidos en el análisis cualitativo.

Sobre las estructuras procedimentales elaboradas del uso del pie de rey

Los resultados del análisis cualitativo aportan evidencias del distinto nivel de elaboración que sobre el conocimiento declarativo realizan los grupos experimentales según apuntaban las diferencias significativas obtenidas en los contrastes estadísticos y la tendencia del resto de datos obtenidos (ver puntos 1 y 2 de 10.1.1.1). Dichas diferencias evidenciaban que eran los dos grupos que siguen una estrategia constructivista quienes eran capaces de manifestar un mayor conocimiento declarativo sobre el procedimiento. Esas diferencias, explicadas en su momento sobre la base de la distinta elaboración cognitiva que propicia cada estrategia didáctica y al tipo de acciones que configura la secuencia, se ven reflejadas en las diferentes estructuras que, sobre el procedimiento, elaboran los alumnos más y menos competentes de cada uno de los grupos experimentales. El análisis cualitativo permite apreciar diferencias importantes (especialmente entre los alumnos menos competentes) en algunas de las características consideradas al analizar dichas estructuras.

Los alumnos más competentes de los cuatro grupos experimentales elaboran representaciones en el postest1 que se corresponden con estructuras bastante completas del procedimiento. Estructuras que permiten, en todos los casos, efectuar correctamente medidas con el pie de rey. Rompen esta semejanza los alumnos más competentes de los grupos constructivistas (con y sin diagramas de flujo) en alguna de las características analizadas de la estructura representada. Mientras que los alumnos de los grupos de modelado se limitan a reproducir los modelos de secuencia presentados por el profesor (ya sea haciendo una copia literal del diagrama de flujo, alumno más competente del grupo de modelado con DF, o recurriendo a una enumeración de los pasos, alumno más competente del grupo de modelado sin DF) los alumnos de los grupos constructivistas elaboran estructuras que incorporan junto a las acciones necesarias para aplicar correctamente el procedimiento otras acciones particulares. Estas acciones (detalle de las acciones clave mediante ejemplos y

dibujos en el alumno más competente del grupo constructivista con DF; y acción estratégica para facilitar la lectura de las centésimas de milímetro en el alumno más competente del grupo constructivista sin DF) no fueron contempladas en los intercambios verbales realizados en las sesiones de clase con los respectivos grupos experimentales; circunstancia que evidencia la elaboración personal efectuada por estos alumnos sobre el procedimiento.

La extensión del análisis cualitativo en esta característica de originalidad-reproducción de las secuencias a todos los sujetos de los grupos experimentales denota que existen diferencias significativas entre los grupos constructivistas y los grupos de modelado. Dichas diferencias se obtienen al someter a contraste estadístico -mediante la prueba de χ^2 - los resultados de este microanálisis¹⁶². Corroboran estas diferencias, con un nivel de confianza del 99%, que los alumnos de los dos grupos constructivistas tienden a incorporar acciones particulares (focalizadas en una puesta en práctica contextualizada) en las secuencias que elaboran sobre el procedimiento en comparación con los grupos de modelado que no expresan acciones tan específicas en sus representaciones sobre el mismo procedimiento. Este resultado evidenciaría que no se trata de una iniciativa puntual y casual sino de una tendencia significativa que lleva a los alumnos que siguen una estrategia constructivista a precisar algunas de las acciones incorporadas a la estructura que elaboran del procedimiento. En cambio los alumnos que siguen la estrategia de modelado se limitan a reproducir las acciones genéricas que se les han mostrado durante la intervención.

Otra diferencia destacable -entre los alumnos más competentes- es que la tendencia a la modificación de estructuras en el postest2 varía según la estrategia didáctica seguida. Destaca en este sentido el alumno del grupo constructivista con diagramas de flujo, quien altera la estructura anterior incorporando acciones clave a la secuencia y suprimiendo alguna acción base, mientras que el resto de alumnos más competentes tienden a elidir acciones y no a incorporar de nuevas. Con el fin de corroborar si esta inclinación del grupo constructivista con DF a incorporar acciones es significativa o no, se amplía el análisis cualitativo al resto de sujetos de los cuatro grupos experimentales comprobando cuantos sujetos tienden -en cada grupo- a incorporar acciones, a suprimir acciones o bien mantienen estable la estructura en cuanto al tipo de acciones expresadas. El resultado de este microanálisis evidencia que si bien son pocos los

¹⁶² La incorporación de acciones particulares la hacen 6, 7, 0 y 1 alumnos -respectivamente- de los grupos experimentales 1,2,3 y 4. En cambio 7, 6, 18 y 12 alumnos de los mismos grupos no incorporan ninguna acción particular en la representación.

alumnos que mantienen estable la estructura (2 en todos los grupos experimentales menos en el grupo de modelado con DF donde sólo un alumno mantiene la estructura estable), las modificaciones son de índole distinta de acuerdo con la estrategia didáctica: el resto de alumnos de los dos grupos de modelado suprime acciones y los de los dos grupos constructivistas suprimen o incorporan acciones¹⁶³. El tratamiento estadístico (mediante la prueba de χ^2 y $\alpha=0,01$) de estos resultados corrobora que las diferencias en la modificación de estructura entre grupos constructivistas y de modelado son significativas. Evidenciándose la reelaboración de la estructura (añadiendo o restituyendo acciones) hecha por los alumnos que siguen la estrategia constructivista mientras que en los alumnos que han seguido la estrategia de modelado la reelaboración se traduce en una pérdida de acciones respecto a la estructura anterior.

Entre los alumnos menos competentes las diferencias son más importantes y aportan nuevas evidencias del distinto tipo de elaboración que suscita en los alumnos la aplicación de una estrategia didáctica constructivista frente a otra de modelado. Aunque ninguno de los alumnos menos competentes es capaz de elaborar una secuencia que permita aplicar adecuadamente el procedimiento, las estructuras representadas en el postest1 son sustancialmente distintas si nos atenemos a las características de pertinencia de las acciones al procedimiento, de acciones expresadas y de elaboración personal. En esta última los alumnos de los cuatro grupos expresan una estructura original, cuando en realidad los dos grupos de modelado deberían -en principio- expresar una secuencia que reprodujera la mostrada por el profesor. En ambos casos (grupos de modelado con y sin DF) la originalidad les lleva a representar estructuras disonantes que no se corresponden con la secuencia de uso del pie de rey. En cambio, las representaciones de los alumnos menos competentes de los grupos constructivistas (con y sin DF) -aún siendo ligeramente sustantivas (centradas en el procedimiento)- incorporan acciones propias necesarias para medir con el pie de rey. También el grado de despliegue difiere según sea la estrategia adoptada. La reducción es total en los alumnos menos competentes de los grupos de modelado (con y sin DF) y en cambio en los menos competentes de los grupos constructivistas (con y sin DF) la reducción es menor ya que son capaces de incorporar algunas acciones (base) del procedimiento.

¹⁶³ 5 incorporan y otros 6 suprimen acciones en el grupo constructivista con DF (GE1). 7 incorporan y otros 4 suprimen acciones en el grupo constructivista sin DF (GE2).

Estas diferencias entre estructuras entendemos que responden al distinto grado de implicación que los alumnos menos competentes de los cuatro grupos experimentales han tenido en la elaboración de dichas estructuras. La elaboración grupal y personal que facilita la estrategia didáctica en los grupos constructivistas (con y sin DF) lleva a los alumnos de estos grupos a la construcción de una secuencia muy parcial del procedimiento, aunque totalmente ajustada al mismo. En cambio los alumnos menos competentes de los grupos de modelado (con y sin DF) no manifiestan hacer esta elaboración, pues no sólo no reproducen ninguna de las acciones que han sido presentadas por el profesor sino que expresan una secuencia que no se corresponde con el uso del pie de rey.

Ampliamos el análisis en estas características -donde los alumnos menos competentes muestran diferencias entre sí- al resto de alumnos integrantes de la muestra final de cada grupo. La aplicación del mismo estadístico utilizado hasta el momento (prueba de χ^2) confirma la existencia de las siguientes diferencias significativas en los contrastes intergrupo.

- En cuanto a la creatividad en la elaboración de la estructura resulta ser un hecho circunstancial que los dos alumnos menos competentes de los grupos de modelado elaboren estructuras originales pues el contraste estadístico aprecia (con un nivel de significación del 0,01) que mientras los grupos que siguen la estrategia constructivista expresan estructuras originales los grupos de modelado reproducen las estructuras que el profesor ha mostrado durante la intervención. Este resultado otorga consistencia a la observación efectuada en el punto 1 de 10.1.1.1 donde ya se aludió a esta diferencia cualitativa de la representación y que, en ese momento, explicamos desde la distinta actividad cognitiva que promovía en los alumnos cada tipo de estrategia didáctica: basada en el conflicto cognitivo en los grupos constructivistas y en la aprehensión mediante copia en los grupos de modelado.
- También se encuentran diferencias significativas (aunque con un nivel de significación $\alpha= 0,05$) entre los dos grupos experimentales constructivistas (con y sin DF) respecto al grupo de modelado sin DF en cuanto al ajuste de las acciones a la secuencia del procedimiento. Mientras que los dos grupos constructivistas elaboran estructuras centradas en su totalidad en el procedimiento (sustantivas) aparecen -en el grupo de modelado sin DF- estructuras disonantes, cuyas acciones no se corresponden con las que son propias y características del uso del

pie de rey. Diferencias que, en cambio, no resultan significativas en el contraste entre los grupos constructivistas y el de modelado con DF.

- Con idéntico nivel de significación ($\alpha= 0,05$) aparecen diferencias significativas entre el grupo constructivista sin DF y los dos grupos de modelado con relación al carácter desplegado o reducido de la estructura representada. Estas diferencias corroboran que mientras el grupo constructivista sin DF tiende a desplegar la acción (a incorporar un número de acciones suficiente para poder poner en práctica el procedimiento) los dos grupos de modelado tienden a elaborar estructuras reducidas (representación que incluye escasas acciones, hasta el punto que imposibilita una aplicación del procedimiento).

Parece confirmarse que los grupos experimentales tienden a elaborar estructuras originales o reproducidas según la estrategia didáctica constructivista o de modelado que, respectivamente, hayan seguido durante la intervención. También se comprueba que la tendencia a elaborar estructuras disonantes sólo se da en el grupo de modelado sin DF y que son los dos grupos de modelado quienes tienden a elaborar estructuras reducidas cuando se les compara con el grupo constructivista sin DF.

Sobre las estructuras procedimentales elaboradas del análisis de objetos

En la discusión sobre los resultados de aprendizaje en el conocimiento declarativo del análisis de objetos (en 10.1.2.1) se evidenciaban ciertas discrepancias entre los supuestos teóricos iniciales y las diferencias significativas obtenidas. Estas discrepancias -ver tabla 10.3- se focalizaban principalmente en cómo los diagramas de flujo estaban presentes casi siempre en los grupos que manifestaban mayores logros de aprendizaje sobre el conocimiento declarativo (en acciones clave y base) del procedimiento. En los puntos 2 y 5 del subapartado se explicaba cómo podían influir los diagramas de flujo en una elaboración más completa de dicho conocimiento declarativo. Ahora, los resultados del análisis cualitativo (anexo 10.9) nos proporcionan -desde otra perspectiva- alguna nueva evidencia sobre dichas explicaciones y nos ayuda a comprender mejor como han podido incidir los diagramas de flujo en las estructuras elaboradas por los alumnos más y menos competentes sobre el procedimiento de análisis de objetos tecnológicos.

Es en las estructuras representadas por los alumnos menos competentes donde se pone más en evidencia el efecto que tienen los diagramas de flujo en la elaboración del conocimiento declarativo. Las estructuras analizadas de los cuatro alumnos menos

competentes permiten ver que todos ellos parten de unos conocimientos previos similares, pues los cuatro elaboran estructuras conceptuales sobre el análisis de objetos en el pretest. En cambio en el postest¹ mientras unos alumnos siguen anclados en una estructura conceptual (los menos competentes de los grupos constructivista y de modelado sin DF) otros (los menos competentes de los grupos constructivista y de modelado con DF) modifican la estructura conceptual inicial y expresan una estructura procedimental indicando acciones propias del análisis de objetos. La permanencia, tras la intervención, de las estructuras conceptuales (en los dos alumnos menos competentes de los grupos experimentales que no incorporan los diagramas de flujo a la estrategia didáctica) comporta que otras de las características consideradas en el análisis cualitativo no aparezcan reflejadas. Así ocurre con la disposición lógica de las acciones, las relaciones entre las acciones o su carácter reducido al no haber incorporado específicamente acciones en la estructura expresada. Este hallazgo nos lleva a verificar si esta tendencia a elaborar una estructura conceptual en el postest¹ (aunque esté relacionada con el procedimiento) en lugar de la estructura procedimental se da de forma significativa en el resto de alumnos de los grupos constructivista y de modelado sin DF en comparación con el tipo de estructura elaborada por los alumnos de los grupos constructivista y de modelado con DF.

Los contrastes estadísticos realizados (mediante la prueba χ^2) para constatar la significatividad de estas diferencias¹⁶⁴ dan como resultado (con un nivel de confianza del 99%) que las diferencias existen y que mientras los grupos que incorporan los diagramas de flujo elaboran casi exclusivamente estructuras procedimentales, en los grupos que no utilizan los diagramas de flujo aparece un número significativo de estructuras conceptuales. Por tanto parece que la elaboración de estructuras conceptuales en lugar de procedimentales está relacionada con la no incorporación de los diagramas de flujo en la estrategia didáctica que se aplica al grupo durante la intervención. Circunstancia que explicaría los bajos resultados obtenidos por los grupos que no emplean DF en el análisis sobre el conocimiento declarativo de este procedimiento, especialmente del grupo de modelado sin diagramas de flujo (en 10.1.2.1); y que de nuevo nos lleva a pensar en el papel de facilitador que pueden tener los diagramas de flujo en la elaboración de secuencias (estructuras) de

¹⁶⁴ En el postest 1 en el grupo constructivista con DF se elabora 1 estructura conceptual y de 12 de procedimentales; en el de modelado con DF ninguna de conceptual y 12 de procedimentales; en el constructivista sin DF 9 de conceptuales y 5 de procedimentales y en el de modelado sin DF 4 de conceptuales y 7 de procedimentales.

procedimientos de acuerdo con los argumentos que ya hemos expuesto en apartados anteriores y sintetizado en el punto 5 de 10.1.2.1. Además este hallazgo debe valorarse con relación al tipo de procedimiento representado: el de análisis de objetos. Un procedimiento tecnológico complejo cuya secuencia -según veíamos en el punto 2 de 10.1.2.1- carece de una estructura única y estable sino que ésta se configura a través de acciones que son a su vez procedimientos (algunos también complejos) y que varía en función de los objetivos de análisis que se establezcan para cada ocasión.

Al igual que ocurría con los resultados del análisis cualitativo del procedimiento algorítmico, no se aprecian entre los alumnos más competentes de los cuatro grupos experimentales prácticamente diferencias en ninguna de las características analizadas en las estructuras expresadas sobre el análisis de objetos. Las cuatro estructuras se corresponden con este procedimiento siendo todas ellas genéricas (pueden aplicarse en el análisis de cualquier objeto), sustantivas (las acciones expresadas son propias del procedimiento), desplegadas (las secuencias expuestas permiten llevar a cabo el análisis de objetos), ordenadas (las acciones siguen una disposición lógica para su puesta en práctica) y relacionales (se incorporan vínculos entre las acciones). Esta igualdad de resultados permite pensar que, al finalizar la intervención, se da en la medida postest1 cierta homogeneidad en las estructuras representadas por alumnos competentes de los cuatro grupos experimentales. Pero, si nos remitimos a la última característica considerada -permanencia en el tiempo de la estructura- se aprecia (como ya sucedía con el uso del pie de rey) que mientras los dos alumnos de los grupos de modelado mantienen estable la representación, los dos de los grupos constructivistas modifican la representación. En este caso las modificaciones denotan que el alumno del grupo constructivista sin DF suprime algunas de las acciones representadas en el postest1 y el alumno del grupo constructivista con DF incorpora acciones particulares (a modo de ejemplo) en algunas de las acciones clave incorporadas a la estructura.

De nuevo ampliamos el análisis en esta característica al resto de alumnos de los cuatro grupos experimentales a fin de comprobar si se trata de una coincidencia atribuible al azar o bien evidencia una tendencia de reelaboración de las estructuras asociada a la estrategia didáctica. Los primeros resultados de este microanálisis ya ponen en evidencia que en todos los grupos experimentales hay una tendencia a la modificación de estructuras en los cuatro grupos experimentales, aunque son los

alumnos del grupo de modelado con DF quienes, casi en su totalidad, modifican sustancialmente las estructuras¹⁶⁵.

El contraste a que se someten estos datos (con el mismo estadístico empleado hasta el momento, prueba de χ^2) corroboran que dicha tendencia se traduce en diferencias significativas entre el grupo de modelado con DF (grupo que modifica la estructura representada en el postest2 suprimiendo acciones) en comparación a las estructuras representadas en la misma prueba por el resto de grupos experimentales. Aunque este resultado evidencia una pérdida notable en el conocimiento declarativo sobre el procedimiento no puede olvidarse que siguen siendo los alumnos de este grupo (modelado con DF) quienes -tras cuatro meses de haber elaborado la anterior estructura- representan secuencias más completas sobre el procedimiento tal y como se recoge en 9.3.2 y se representa en las figuras 9.19 y 9.20. Hay reducción de estructura (posiblemente por olvido de las acciones) pero a pesar de ello son alumnos que siguen elaborando estructuras más desplegadas -con un mayor número de acciones propias del procedimiento- que los alumnos de los otros tres grupos experimentales. A expensas de otros estudios que puedan ratificar esta tendencia parece que el efecto de los diagramas de flujo (cuando se emplean junto a una estrategia de modelado para aprender un procedimiento tecnológico complejo como el de análisis de objetos) se mantiene con el paso del tiempo aunque no lo hagan propiciando la aparición de diferencias intergrupos significativas que sí se daban al finalizar la intervención (en tabla 10.3).

Sobre los sistemas de representación de las estructuras

Acabamos de ver -en el análisis cualitativo de las estructuras elaboradas sobre el procedimiento de análisis de objetos tecnológicos- cómo los diagramas de flujo inciden (como sistema de representación) en la elaboración de estructuras de un procedimiento complejo. Pero más allá del efecto que tenga el sistema de representación en la estructura finalmente elaborada también se aludió durante la discusión de resultados (punto 2 de 10.1.2.1 y punto a de 10.1.3) cómo el propio sistema representativo afectaba a la verbalización de la estructura.

¹⁶⁵ En el grupo constructivista con DF 6 alumnos mantienen estable la estructura y 7 la modifican (6 suprimen acciones y 1 incorpora). En el grupo constructivista sin DF 7 alumnos mantienen estable la estructura y otros 7 la modifican (todos ellos suprimen acciones). En el grupo de modelado con DF sólo 1 alumno mantiene estable la estructura, los 11 restantes la modifican suprimiendo acciones en todos los casos. En el grupo de modelado sin DF 4 alumnos mantienen estable la estructura y 7 la modifican (5 suprimiendo acciones y 2 incorporando).

En este sentido se aprecia cierta tendencia a la expresión de acciones mediante etiquetas verbales reducidas en los diagramas de flujo, mientras que en las enumeraciones y descripciones las expresiones verbales tienden a ser mucho más amplias. El análisis cualitativo también incorpora referencias explícitas al carácter sintético de las acciones expresadas por los alumnos más competentes de los grupos constructivista y de modelado en el análisis de objetos tecnológicos (anexo 10.9) cuando estas estrategias van asociadas al uso de los diagramas de flujo. Otra evidencia particular, recogida en este mismo anexo, la proporciona la estructura compuesta elaborada por el alumno más competente del grupo de modelado sin diagramas de flujo. Este alumno elabora dos estructuras sobre el procedimiento de análisis de objetos. Si en la primera expresa la secuencia mediante una enumeración de acciones, en la segunda elabora -por iniciativa propia y en un intento de dar respuesta a la consigna que aparece escrita en la prueba del postest1 (en anexo 8.33)- un diagrama de bloques¹⁶⁶ con las mismas acciones que había enumerado aunque con una reducción verbal destacable.

Por tanto, la variabilidad en la elaboración de los constructos verbales parece estar asociada al sistema adoptado para representar la estructura, de modo que los diagramas de flujo favorecerían que los alumnos tendieran a construir frases cortas para expresar la acción, mientras que los alumnos que recurren a la enumeración o a la descripción de acciones redactarían frases más extensas. Esta inclinación hacia redactados más sintéticos podría originarse en que las casillas (rectángulos y rombos) empleadas para construir los diagramas de flujo pueden inducir a cierta economía de vocablos.

A fin de contrastar la firmeza de esta tendencia se analizan las estructuras representadas por los alumnos de todos los grupos experimentales en los dos procedimientos observando cuál es la extensión verbal de las acciones expresadas. Se distingue entre si las frases empleadas para expresar la acción tienden a ser abreviadas (con un reducido número de palabras y muy focalizadas en la acción mediante redactados verbo-predicado con escasa o nula presencia de complementos) o dilatadas (con mayor cantidad de palabras y elaborando estructuras gramaticales

¹⁶⁶ La similitud entre los diagramas de flujo y los diagramas de bloque es notable, aunque con diferencias apreciables. Mientras que los diagramas de flujo (según se expone en 7.2.1) son una modalidad de representación gráfica de cualquier tipo de actuación procesual, los diagramas de bloque son otro tipo de representación gráfica (basada en el uso de rectángulos y líneas) para mostrar procesos industriales complejos y sistemas tecnológicos incidiendo en los elementos de entrada y salida que intervienen en dichos procesos y sistemas.

más completas: sujeto-verbo-predicado con fuerte presencia de complementos verbales).

Los resultados de este microanálisis¹⁶⁷ se someten a contraste con la prueba de χ^2 para hallar el nivel de significatividad de las diferencias entre construcciones verbales según sea el tipo de sistema de representación adoptado. Como sugieren las observaciones iniciales las diferencias son significativas en cuanto a la extensión verbal con que se expresan las acciones. De modo que se confirma -con un nivel de confianza del 99%- que los alumnos que representan las estructuras mediante diagramas de flujo tienden a elaborar constructos verbales reducidos frente a los que utilizan la descripción o la enumeración. Dicha tendencia puede explicarse desde la limitación espacial que supone emplear figuras geométricas (aunque se modifique su tamaño) como el rectángulo o el rombo para incluir el redactado de las acciones cuando se construye un diagrama de flujo. Limitación física a la que no están sujetos los alumnos que expresan el conocimiento declarativo mediante descripciones o enumeraciones (alumnos de los grupos de modelado y constructivista sin DF).

Estudios posteriores destinados a ratificar el papel de los diagramas de flujo en la elaboración de las estructuras procedimentales deberían -además de considerar esta circunstancia- profundizar en cómo los significados de las acciones se ven afectados o no por la limitación espacial que provoca la utilización de las figuras geométricas en comparación con los significados elaborados cuando no existe más restricción espacial que la superficie del papel.

¹⁶⁷ En el análisis de objeto no se consideran las estructuras conceptuales expresadas por los alumnos de los grupos de modelado y constructivista sin DF.

Extensión verbal de las acciones	Uso del pie de rey		Análisis de objetos	
	Abreviada	Dilatada	Abreviada	Dilatada
Enumeración	6	9	7	1
Descripción	4	8	3	1
DF	25	6	22	3

10.2 CONCLUSIONES SOBRE LA ENSEÑANZA Y EL APRENDIZAJE DE LOS PROCEDIMIENTOS

Las conclusiones que se recopilan y articulan en este apartado surgen del análisis y discusión de los resultados del estudio empírico. Sobre ellas debe considerarse que:

- El carácter categórico de los enunciados se corresponde con los resultados contrastados en la investigación pero no habilita para emplearlos como formulaciones de validez universal, si bien son aplicables en situaciones similares.
- El alcance generalizador de las conclusiones está limitado por el tipo de investigación empírica planteada, el número de sujetos de la muestra final, los datos categóricos y nominales manejados y por el empleo de procedimientos algorítmicos y heurísticos que -siendo representativos de los contenidos del área de tecnología- no son únicos.
- Todo intento de generalización debería considerar las conclusiones como tendencias que deben ser sometidas a replicación o bien a nuevos estudios que permitan profundizar en ellas.
- En consecuencia, su transferencia a otros contextos educativos debe hacerse con reversas y considerando todas aquellas circunstancias que determinan cada situación educativa particular frente a las que han condicionado estos resultados.

En primer lugar se presentan las conclusiones que dan respuesta a los dos primeros objetivos del estudio (ver P.2) sobre la variabilidad de resultados en el aprendizaje procedimental en función de las estrategias psicodidácticas empleadas, del empleo o no de los diagramas de flujo y del tipo de procedimiento objeto de aprendizaje.

Posteriormente se presentan las conclusiones acerca del tercer objetivo de la investigación sobre la idoneidad de los diagramas de flujo como herramienta de representación externa del conocimiento procedimental y como auxiliar didáctico.

En ambos casos las conclusiones se recopilan sistematizadas en una tabla mediante enunciados precisos. A continuación se comentan atendiendo a los supuestos planteados en el constructo hipotético (ver P.3) sobre la enseñanza y el aprendizaje de procedimientos algorítmicos y heurísticos.

Conclusiones sobre la enseñanza-aprendizaje en el uso del pie de rey

...en cuanto al conocimiento declarativo	...en cuanto al conocimiento procedimental
<ul style="list-style-type: none"> • Todos los grupos experimentales incrementan (con diferencias significativas) el conocimiento declarativo que elaboran -en sus acciones clave y base- sobre la secuencia del procedimiento. • Salvo momentos puntuales, no hay una elaboración más completa (con diferencias significativas) del conocimiento declarativo, en sus acciones clave y base, según sea la estrategia psicodidáctica seguida por los grupos experimentales. Cuando estas diferencias se dan (en un solo tipo de acción) son favorables a los grupos que siguen una estrategia constructivista (con y sin DF). 	<ul style="list-style-type: none"> • Ni la estrategia didáctica adoptada ni la presencia de los diagramas de flujo influyen en una práctica procedimental más exitosa. De modo que las cuatro estrategias psicodidácticas posibilitan un aprendizaje similar (sin diferencias significativas) en el uso práctico del pie de rey en todos los grupos experimentales.

Tabla 10.4 Conclusiones sobre la enseñanza-aprendizaje en el uso del pie de rey.

Retomando el supuesto hipotético expresado en P.3 según el cuál las estrategias didácticas de modelado -especialmente en combinación con el uso de los diagramas de flujo- deberían potenciar el aprendizaje (en cuanto a conocimiento declarativo y procedimental) de los procedimientos algorítmicos; se concluye que no se cumple el supuesto inicial dado que todos los grupos experimentales muestran progresos similares tanto en el conocimiento declarativo elaborado sobre el uso del pie de rey como en su puesta en práctica. Afirmación que se corrobora además en que -al finalizar la intervención- las escasas diferencias significativas en la expresión de acciones clave y base son favorables a los grupos constructivistas (con y sin diagramas de flujo), si bien son diferencias que no permanecen en el tiempo. Sintetizando los comentarios y aportes hechos en la discusión de resultados (ver 10.1.1) la refutación del supuesto inicial se puede explicar por:

- La naturaleza del procedimiento adoptado y su adecuación a alumnos de primer ciclo de la E.S.O. A pesar de ser un procedimiento que comporta el uso de un instrumento de medida de precisión, se trata de un procedimiento simple que, como muestran los resultados alcanzados, puede ser aprendido por todos los grupos experimentales. Sin duda esta simplicidad se ajusta a las capacidades y

conocimientos previos de alumnos de 12-13 años que, a su edad, son capaces de utilizar la herramienta de medida correctamente (aunque en ocasiones incurran en errores debido a la falta de dominio en la práctica del procedimiento, dominio que debe alcanzarse al finalizar la etapa educativa) y elaborar una representación de la secuencia que aplican al medir con el pie de rey.

- Los distintos procesos cognitivos que comportan y la diferente implicación que requieren las estrategias psicodidácticas, aunque inducen a la aparición de algunas diferencias significativas, resulta que permiten llegar a logros de aprendizaje similares en un procedimiento algorítmico como el estudiado. Mientras que en las estrategias de modelado la atención (para captar las explicaciones del profesor), el recuerdo y la reproducción de la secuencia configuran el núcleo de la actividad del alumno; en las estrategias constructivistas son la interrogación (sobre el procedimiento), la reflexión y la elaboración personal y compartida los procesos que determinan la actividad del alumno. Recuerdo y aplicación frente a reflexión, elaboración y aplicación. En el primer caso se propicia un aprendizaje en base al modelado y la asociación y, en el segundo, a partir de la construcción del conocimiento.

Pero -en consonancia con las diferencias significativas obtenidas a favor de los grupos que siguen una estrategia constructivista (con y sin DF)- el análisis cualitativo efectuado en 10.1.4 aporta algunos matices significativos que permiten comprender dichas diferencias desde algunas características presentes en las estructuras representadas sobre el conocimiento declarativo en el uso del pie de rey. Los alumnos de los grupos constructivistas:

- Además de elaborar estructuras originales incorporan a las representaciones acciones y elementos específicos que ejemplifican algunas de las acciones clave de la secuencia, iniciativa muy poco presente en alumnos de los grupos de modelado.
- Elaboran estructuras sustantivas de modo que las acciones expresadas se corresponden con las que definen el procedimiento de uso del pie de rey, mientras que en el grupo de modelado sin DF aparece alguna estructura disonante (con acciones que no son propias de la secuencia procedimental de uso del pie de rey).
- Modifican, con el paso del tiempo, la representación de la secuencia del procedimiento añadiendo o suprimiendo acciones y no sólo suprimiendo acciones como ocurre con los grupos de modelado.

El rechazo del supuesto inicial desde la evidencia empírica de nuestro estudio nos permite concluir que el aprendizaje de los procedimientos algorítmicos (de características similares al estudiado) en el área de tecnología puede plantearse desde modelos y estrategias psicodidácticas distintas. Aunque la opción por un tipo de estrategia u otro también debería considerar los aportes particulares que -en la elaboración del conocimiento declarativo de la secuencia- puedan suponer para los alumnos el empleo de una estrategia psicodidáctica constructivista. Más cuando en el estudio también se ha constatado (en 10.1.1.2) que -al menos en la fase inicial del aprendizaje del procedimiento- no hay una relación directa entre el conocimiento declarativo elaborado y la puesta en práctica (conocimiento procedimental) del uso del pie de rey.

Conclusiones sobre la enseñanza-aprendizaje en el análisis de objetos tecnológicos

...en cuanto al conocimiento declarativo	...en cuanto al conocimiento procedimental
<ul style="list-style-type: none"> • Todos los grupos experimentales incrementan (con diferencias significativas en los contrastes intragrupo) el conocimiento declarativo que elaboran -en sus acciones clave y base- sobre la secuencia del procedimiento. • Pero en las comparaciones intergrupo son los grupos que combinan la estrategia psicodidáctica con el uso de diagramas de flujo quienes elaboran secuencias más completas (con diferencias significativas) respecto a los otros dos grupos experimentales que no incorporan los diagramas de flujo a la estrategia didáctica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Todos los grupos experimentales recurren a la descripción, a la argumentación y a la valoración en la puesta en práctica del procedimiento. Pero son los grupos constructivistas (con y sin DF) quienes manifiestan un mayor progreso (con diferencias intragrupo significativas) en la aplicación del análisis de objetos, al recurrir a otros procedimientos implícitos en el proceso de análisis. <p>El grupo constructivista sin diagramas de flujo aplica el de representación y el grupo constructivista con diagramas de flujo el de representación y el de ejemplificación.</p>

Tabla 10.5 Conclusiones sobre la enseñanza-aprendizaje en el análisis de objetos tecnológicos.

En el procedimiento heurístico de análisis de objetos tecnológicos se hallan algunas evidencias significativas que permiten confirmar parcialmente la formulación del constructo hipotético inicial (en P.3), según el cual las estrategias didácticas constructivistas -especialmente en combinación con el uso de los diagramas de flujo- debían propiciar unos mayores niveles de logro (en cuanto a conocimiento declarativo

y procedimental) de este procedimiento. Si en el procedimiento algorítmico las diferencias entre los grupos experimentales eran escasas, en el procedimiento heurístico las diferencias entre los grupos tienden a acentuarse tras la intervención, aunque con orientaciones distintas según sea el tipo de conocimiento que se tome en consideración. Estas diferencias permiten afirmar que el supuesto inicial:

- No se cumple con relación al conocimiento declarativo elaborado sobre el procedimiento, pues junto al grupo constructivista con diagramas de flujo es el grupo de modelado que también utiliza los diagramas de flujo quienes denotan un progreso significativo respecto a los otros grupos experimentales en la expresión de la secuencia del procedimiento. O sea, los diagramas de flujo determinan la elaboración conceptual del procedimiento en mayor medida que la estrategia didáctica adoptada.
- Se confirma con relación a la puesta en práctica del procedimiento de análisis de objetos tecnológicos, pues son los grupos constructivistas -más cuando la estrategia se combina con el empleo de los diagramas de flujo- quienes hacen un progreso significativo (en los contrastes intragrupo) en la aplicación del procedimiento de análisis.

Una explicación del porqué de estas conclusiones debe partir de los argumentos y los aportes expresados en la discusión de resultados, que pueden sintetizarse en:

- La complejidad del procedimiento. De las acciones simples, cerradas y lineales del procedimiento algorítmico, los alumnos pasan a trabajar un procedimiento -el heurístico- con una secuencia que se caracteriza por ser compleja, abierta y diversa. Complejidad que se incrementa por la presencia -en la secuencia de análisis de objetos- de acciones que son en sí mismas procedimientos complejos.
- El soporte externo recibido durante la elaboración de la secuencia. Mientras los grupos constructivistas disponen de un agente (el profesor) que regula externamente la elaboración personal y colectiva del conocimiento sobre el procedimiento; los grupos de modelado cuentan con un agente (el profesor) que les proporciona una secuencia completa del procedimiento a fin de que la reproduzcan.
- El sistema de representación empleado para expresar la secuencia de los procedimientos. Dos de los grupos (constructivista y de modelado) utilizan los diagramas de flujo para exponer el conocimiento declarativo elaborado del

procedimiento. Los otros dos, que también siguen estrategias constructivista y de modelado, verbalizan dicho conocimiento mediante enumeraciones o descripciones de las acciones que constituyen la secuencia procedimental.

- Los procesos cognitivos e implicación que requieren las estrategias psicodidácticas y la traducción que de ellas hagan los alumnos en el aula.

La utilización de los diagramas de flujo evidencia haber propiciado una elaboración más completa del conocimiento declarativo sobre el análisis de objetos tecnológicos. Los posibles beneficios del uso de este sistema de representación gráfica como medio para expresar dicho conocimiento parecen estar relacionados con su capacidad para ayudar a estructurar, ordenar, relacionar e incluso precisar verbalmente las acciones que constituyen la secuencia, hasta el punto de poder considerar que pueden adoptar una función metaprocedimental. Si además de emplearse con una función expresiva, los diagramas de flujo se utilizan como soporte externo con una función reproductora (para mostrar la secuencia a los alumnos) las representaciones mejoran. Así lo ponen de manifiesto los múltiples contrastes significativos al finalizar la intervención favorables al grupo de modelado con diagrama de flujo. Y, si bien el análisis cualitativo ha mostrado que los alumnos de este grupo modifican significativamente las estructuras con el paso del tiempo (suprimiendo acciones respecto de la representación anterior) continua siendo -tras cuatro meses de haber finalizado la intervención- el grupo que expresa secuencias más completas del procedimiento.

El análisis cualitativo también ha puesto de manifiesto el origen de las diferencias intergrupos al constatar que mientras los alumnos de los grupos constructivista y de modelado con diagramas de flujo crean estructuras procedimentales los alumnos de los grupos constructivista y de modelado sin diagramas de flujo no lo hacen en igual medida. En estos grupos aparece un número significativo de estructuras conceptuales sobre el procedimiento que, aunque relacionadas con el procedimiento, no recogen una secuencia de acciones que deban y puedan aplicarse en la puesta en práctica del análisis de objetos tecnológicos.

Las escasas diferencias intergrupo halladas en la puesta en práctica del análisis de objetos pueden explicarse por causas particulares habidas durante la intervención (en 10.1.2.2). Pero sobre la mejor aplicación práctica evidenciada en los contrastes intragrupo (que resulta ser favorable a los grupos constructivistas frente a los de modelado) no se dispone de una explicación completa del porqué de estas

diferencias. Aunque, tal y como se sustentaba al definir el constructo hipotético, es probable que se originen en la distinta aprehensión que hacen los grupos constructivistas del conocimiento sobre cómo poner en práctica el análisis de objetos. Así, mientras que los alumnos de los grupos constructivistas identifican en qué consiste el procedimiento, determinan la secuencia de análisis y desarrollan una propuesta específica de análisis para ponerla en práctica, los alumnos de los grupos de modelado reciben las explicaciones del profesor sobre cómo debe desarrollarse el procedimiento (tanto de forma general como concreta) y luego las ponen en práctica.

En todo caso -y a falta de estudios posteriores que permitan profundizar en el origen de las diferencias halladas- los resultados de este estudio evidencian que la enseñanza de procedimientos complejos mediante modelado se trata de un planteamiento aceptable pero que no es ni único ni excluyente como en principio sugieren Pozo y Postigo: *"cuanto más compleja sea la secuencia de acciones que debe realizarse, más conveniente será apoyar su instrucción en un aprendizaje por modelado"* (2000:34). Dichos resultados junto a la multiplicidad de enfoques psicodidácticos que ofrece la teoría y a la diversidad de métodos y estrategias didácticas disponibles abren, en educación tecnológica, otras vías a la enseñanza de los procedimientos heurísticos.

Su concreción, al igual que con los procedimientos algorítmicos, queda en manos del profesorado que deberá ponderar el máximo número de factores posible antes de optar -no sólo entre una estrategia constructivista o de modelado o por el empleo o no de los diagramas de flujo- sino por cualquier otra propuesta de intervención que le permita, en sus manos, propiciar aprendizajes significativos de los procedimientos tecnológicos. Ello sin olvidar que, cualquier toma de decisiones sobre la adopción de una estrategia didáctica determinada, siempre estará condicionada por la teoría implícita o explícita que sobre la enseñanza-aprendizaje pueda tener cada profesor y por sí, posteriormente, la pone en práctica o no.

Conclusiones sobre los diagramas de flujo como sistema de representación del conocimiento procedimental

Dos son las conclusiones que permiten dar respuestas concisas al tercer objetivo de la investigación.

1. Independientemente de la estrategia didáctica seguida, los alumnos de 12-13 años utilizan el lenguaje de los diagramas de flujo sin dificultades para construir este tipo

de representaciones gráficas que les sirven para representar externamente el conocimiento declarativo que sobre un procedimiento tecnológico elaboran internamente.

2. Los logros de aprendizaje que manifiestan tanto el grupo constructivista como el de modelado cuando emplean los diagramas de flujo evidencian su eficacia como auxiliar didáctico en la enseñanza-aprendizaje de procedimientos.

La primera conclusión confirma "*la capacidad del niño de ir aprendiendo a utilizar diferentes códigos a través de los cuales exteriorizar sus representaciones*" (Lacasa, 1994: 24), como ya recogíamos en 5.3.1.1. Y va más allá, pues como se vio en 10.1.3, le permite hacer una utilización flexible de este lenguaje atendiendo a sus necesidades de expresión.

La facilidad con que los alumnos de 12-13 años adquieren y aplican el lenguaje de los diagramas de flujo para construir sus propias representaciones se explica por la simplicidad que comporta su utilización. Ni la simbología ni la sintaxis resultan complejas para estos alumnos. El uso de figuras geométricas elementales, líneas y flechas se combina con escasas (y sencillas) reglas de construcción cuya aplicación puede suponer más esfuerzo cognitivo en pensar la secuencia (identificar acciones, ordenarlas y relacionarlas) que el necesario para expresarla luego mediante un diagrama de flujo.

Los resultados empíricos del estudio avalan (como se recoge en las conclusiones anteriores) ciertas mejoras en el aprendizaje de los procedimientos (más cuando es de naturaleza heurística) cuando los grupos combinan una estrategia didáctica determinada con el uso de los diagramas de flujo. Este uso como auxiliar didáctico se explica por la simplicidad a que acabamos de aludir y la adecuación de este sistema de representación gráfica a las capacidades cognitivas y estadio evolutivo de los alumnos de primer ciclo de la ESO. Junto a estos motivos también cabe considerar -a la espera de estudios específicos que las corroboren- sus cualidades como organizador gráfico de la información, su potencial como soporte cognitivo y su función metaprocedimental que, conjuntamente, pueden favorecer la autorregulación en la construcción de significados sobre el procedimiento.

De todo ello se concluye que una enseñanza-aprendizaje de procedimientos tecnológicos puede incorporar los diagramas de flujo -asociados a una estrategia didáctica de modelado o constructivista- dado que propician ciertas mejoras en el

aprendizaje procedimental (tanto en la elaboración de la representación interna que los alumnos hacen de la secuencia del procedimiento, como en su puesta en práctica), más cuando se trata de procedimientos heurísticos.

10.3 APORTACIONES PARA LA PRÁCTICA EDUCATIVA

Junto a los resultados y conclusiones sobre el objeto de estudio, la investigación (realizada desde una perspectiva psicodidáctica) genera otras contribuciones complementarias que no deben pasar inadvertidas. Se trata de las aportaciones que pueden tener una aplicabilidad directa en las intervenciones educativas que se dan en las aulas en relación a la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales en el área de Tecnología de la educación secundaria obligatoria.

Sintetizamos en los siguientes puntos las principales transferencias que, a tenor de los resultados empíricos y los aportes del marco teórico, pueden realizarse a la práctica educativa del área de Tecnología.

- La adopción de múltiples métodos y estrategias didácticas para hacer efectiva la enseñanza-aprendizaje de procedimientos en tecnología según se describe en los apartados 6.2.2 y 6.3.3 respectivamente. Aunque el estudio no se ha focalizado en un método o estrategia único y preciso de los expuestos en dichos apartados, sí que la recopilación permite disponer de un amplio catálogo de formas de hacer docente en relación a los contenidos tecnológicos de naturaleza procedimental que puede orientar la elección metodológica.
- Esta selección de estrategias metodológicas puede considerar también el uso del sistema de categorías elaborado sobre los modelos docentes de profesor modelador y profesor constructivista. Sistema definido y validado en 8.6.1. Una combinación de estrategias metodológicas con modelos de profesorado puede facilitar al profesorado el diseño de las propias estrategias de intervención docente en la enseñanza de procedimientos.
- La posibilidad de emplear distintas estrategias didácticas en la enseñanza de los procedimientos algorítmicos obteniendo los alumnos -al menos en aquellos procedimientos algorítmicos de escasa complejidad- resultados de aprendizaje similares. En 10.1.1 y 10.2. Y la posibilidad de promover una enseñanza de

procedimientos heurísticos en base a modelos de intervención docentes fundamentados en distintos enfoques del aprendizaje. En 10.2.1 y 10.2.

- La incorporación de los diagramas de flujo como una herramienta de representación externa del conocimiento declarativo sobre procedimientos algorítmicos y heurísticos propios del área de tecnología. Ya sea para que los alumnos expresen la secuencia que elaboran internamente del procedimiento o bien para que el profesor presente una secuencia estandarizada a los alumnos.
- El empleo de los diagramas de flujo con un amplio abanico de funciones didácticas (en 7.4.3.1) y modalidades de uso (7.4.3.2) en la enseñanza-aprendizaje de los procedimientos. Entre ellas cabe destacar la posibilidad de evaluar el conocimiento declarativo adquirido de un procedimiento atendiendo al tipo de acciones clave, base, prescindibles y erróneas expresadas por el alumno (sistema definido en 8.6.2.1.) o bien a partir de las características que pueden apreciarse en la estructura de la secuencia procedimental expresada (en 10.1.4).
- El empleo del sistema de categorías definido en 8.6.2.2 sobre el análisis de objetos tecnológicos para hacer efectivas la enseñanza y la evaluación de los aprendizajes realizados acerca de este contenido heurístico. El sistema categórico elaborado distingue entre 12 procedimientos implícitos en el proceso de análisis tecnológico (ver en 3.4.2), abriendo nuevas vías para promover análisis centrados en el procedimiento y no sólo en el objeto como viene siendo habitual.

10.4 CONTINUIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Fruto de los resultados obtenidos y de los pensamientos surgidos durante el proceso, el estudio ha desvelado nuevos problemas susceptibles de dar continuidad a este trabajo. Esbozamos a continuación algunas de estas cuestiones mediante breves enunciados y comentarios que, a modo de propuestas pueden ser abordadas en un futuro. Aunque su materialización en proyectos de investigación y estudios específicos vendrá marcada por multiplicidad de factores y condiciones, las sugerencias planteadas abren nuevas vías para profundizar en los resultados de este estudio y para seguir investigando -desde la perspectiva psicodidáctica que ha articulado todo el trabajo- acerca de la enseñanza y el aprendizaje de los contenidos procedimentales en el área de tecnología.

- Una primera propuesta de continuidad nos lleva a recuperar las advertencias efectuadas en 9.1 sobre el sistema de categorías adoptado para analizar las intervenciones docentes en el aula según la estrategia psicodidáctica adoptada. En dicho apartado advertimos del carácter molar de algunos de los indicadores adoptados en dicho análisis.

Una reelaboración de los enunciados de los indicadores que adolecen de cierto déficit de precisión descriptiva permitiría disponer de un instrumento de análisis más riguroso que, aplicado a los registros videográficos del estudio empírico de esta investigación o bien en nuevas investigaciones, debería propiciar un conocimiento más objetivo de las intervenciones docentes llevadas a cabo en el aula cuando éstas se desarrollan desde estrategias de modelado y constructivista.

- De acuerdo con la definición efectuada en 8.6.2.1 el análisis del conocimiento declarativo se ha centrado en la distinción del tipo de acciones que los alumnos incorporaban a las secuencias elaboradas sobre el procedimiento. Posteriormente (en 10.1.4 y a raíz de los resultados obtenidos y de la discusión de estos resultados) se ha considerado que un análisis cualitativo más centrado en las estructuras que en las acciones representadas podría aportar nuevos conocimientos sobre los cambios habidos en el aprendizaje de dicho conocimiento declarativo. Los resultados obtenidos al aplicar este análisis confirman dicha impresión.

Parece pues oportuno considerar que posteriores estudios sobre el saber qué (conocimiento declarativo) de un procedimiento tomen en consideración las estructuras desarrolladas sobre la secuencia y no sólo las acciones que conforman dicha secuencia. Aunque no debe olvidarse que descubrir cuáles son estas estructuras no es tarea fácil pues los sistemas de representación externa no son (como argumentan Martí y Pozo, 2000; y como evidencia nuestro estudio) fácilmente interpretables sino que se muestran más bien como sistemas opacos.

Pero consideramos que la identificación de ocho pares de características (en 10.1.4.1) es un punto de partida que puede orientar futuros diseños de investigación. Ya sea ayudando a precisar las estrategias didácticas o bien orientando la construcción de nuevos instrumentos de análisis cualitativo sobre el conocimiento declarativo de los procedimientos.

- Prosiguiendo con la propuesta anterior, la aplicación de un nuevo sistema de categorías que permita discriminar diferencias entre las estructuras representadas debería considerar al investigador o investigadores que realizan el análisis y comprobar la consistencia de las observaciones efectuadas, ya sean intra o interobservadores.

Iniciativa ésta que también puede aplicarse -con relación al análisis cualitativo efectuado en 10.1.4- para verificar la consistencia intraobservador y confirmar o rechazar los resultados de dicho análisis.

- Recuperando comentarios de la discusión de resultados y de las conclusiones la continuación del estudio tiene también ante sí el reto de verificar los resultados hallados en relación a dos procedimientos específicos de naturaleza algorítmica y heurística (uso del pie de rey y análisis de objetos tecnológicos respectivamente).

Esta ratificación debería considerar una ampliación de la muestra -como ya se ha sugerido con anterioridad- con el fin de poder recurrir a estadísticos más potentes que posibilitaran una mayor generalización de los resultados.

Otra línea de verificación, y de generalización, consiste en corroborar si con otros procedimientos algorítmicos y heurísticos específicos del área de tecnología los resultados obtenidos, al aplicar las mismas estrategias didácticas basadas en el modelado y en el constructivismo, son los mismos o no.

- Hemos abordado durante la discusión de los resultados la existencia de posibles relaciones entre el conocimiento declarativo y la práctica del procedimiento, obteniendo (en los análisis puntuales efectuados en este mismo capítulo) resultados contradictorios. En 10.1.1.2 apuntando hacia una correlación negativa entre ambos tipos de conocimiento en un procedimiento algorítmico como el uso del pie de rey. Y, en cambio, encontrando evidencias de la existencia de ciertas relaciones entre conocimiento declarativo y procedimental en el procedimiento heurístico de análisis de objetos (punto 2 de 10.1.2.2). A pesar de estos resultados y aunque la psicología cognitiva ofrece formulaciones teóricas y evidencias prácticas de la relación entre conocimiento declarativo y procedimental (apartados 5.2 y 5.3), no las hemos hallado en las escasas investigaciones realizadas sobre aprendizajes procedimentales de contenidos tecnológicos.

En consonancia con la necesidad de investigar los contenidos procedimentales dentro de la investigación en educación tecnológica, según demanda McCorkmick (1996, 1999b), consideramos que profundizar en si existe o no una relación entre conocimiento declarativo y procedimental y conocer los factores que en ella puedan incidir es un reto que da continuidad al estudio, situándose en el escenario de investigación que propone McCorkmick.

- Pero no es ésta la única propuesta originada en la discusión de resultados. Se ha aludido a otras cuestiones que nos parece interesante recuperar en este punto, aunque sea mediante un conciso comentario.

Aunque en 10.1.4, dentro del análisis cualitativo de las representaciones sobre el conocimiento declarativo, se ha estudiado la permanencia en el tiempo de las estructuras creadas sobre el procedimiento de uso del pie de rey los resultados obtenidos no aportan (por el carácter exploratorio del análisis efectuado) un conocimiento profundo sobre las transformaciones que sufren dichas estructuras. Por ello otra vía de continuidad nos lleva a estudiar como evolucionan las representaciones del sujeto en este procedimiento algorítmico.

También resulta sugerente verificar si las actuaciones de los alumnos durante la intervención se ajustan o no al tipo de actividad cognitiva y manipulativa que se supone deben inducirles las estrategias didácticas.

En cuanto a las estrategias didácticas se podría contrastar -como se anticipaba en 10.1.2.1- el efecto que tiene una determinada estrategia didáctica combinada o no con los diagramas de flujo en los resultados de aprendizaje, pero considerando a la vez el factor tiempo. Se trataría de verificar qué ocurre cuando se ajustan los tiempos a las exigencias que comporta cada estrategia didáctica.

Siguiendo con las estrategias didácticas los resultados halladas con relación al aprendizaje de procedimientos tecnológicos heurísticos nos lleva a sugerir la necesidad de profundizar en el estudio de los efectos que provoca cada estrategia y, especialmente, a averiguar si las estructuras elaboradas sobre estos procedimientos son más completas y persistentes en el tiempo como sugieren nuestros resultados.

- En cuanto al empleo de los diagramas de flujo o de otras formas de representación externa del conocimiento procedimental, se han dado explicaciones (en el punto 2

de 10.1.2.1 y punto a de 10.1.3) y se han evidenciado diferencias (a raíz del análisis cualitativo efectuado en 10.1.4.2) sobre los constructos verbales que propiciaba cada tipo de representación.

Las diferencias halladas en las construcciones verbales denotan la tendencia a formular enunciados abreviados de las acciones cuando se emplean los diagramas de flujo y otros de dilatados cuando se recurre a la enumeración o a la descripción. Estas evidencias nos llevan a la necesidad de profundizar en el carácter mediador de los diagramas de flujo, desde una perspectiva verbal, cuando se utilizan para expresar secuencias de procedimientos. Dos son las líneas que ya se han sugerido durante la discusión y que ahora precisamos.

Una destinada a profundizar en el efecto que tiene la limitación espacial que supone el uso de figuras geométricas en el tipo de enunciados redactados por los alumnos sobre las acciones. Parece, además interesante, verificar si dicha variabilidad está relacionada o no con el uso de espacios geométricos predeterminados (limitados de antemano a unas superficies fijas) o flexibles (de modo que el alumno pueda modificar los tamaños de las figuras según sus necesidades expresivas). Otra a profundizar en como tales limitaciones espaciales afectan (alterando o no y en qué sentido) los significados de las acciones expresadas.

- Otra de las propuestas de continuidad surgidas durante la discusión de resultados con relación a los diagramas de flujo se centra en profundizar en la posible función metaprocedimental que pueda adoptar este sistema de representación gráfica.

De acuerdo con las explicaciones dadas en el punto 2 de 10.1.2.1, los diagramas de flujo podrían considerarse como una herramienta facilitadora de la metacognición que, más allá de ayudar a ordenar las acciones de una secuencia procedimental y a establecer relaciones entre estas acciones, posibilitara al alumno una reflexión sobre cómo se desarrolla dicha secuencia y cómo él mismo la elabora y reelabora según la actividad cognitiva y práctica realizada. Favoreciéndose así la autorregulación sobre el aprendizaje procedimental mediante el uso de mediadores externos en la construcción y regulación del conocimiento, tal y como describe Martí (1995b).

Comprobar la existencia de esta función metacognitiva, explicar su funcionamiento y contrastar su eficacia en el aprendizaje de contenidos procedimentales no sólo

es una propuesta que completa este estudio sino que, seguramente, abre otra vía de investigación relacionada con los mecanismos cognitivos que pueden incidir en la adquisición del conocimiento sobre los procedimientos.

- Cerramos esta relación de propuestas recuperando un componente esencial de este estudio: los dos modelos considerados de profesor para la enseñanza de procedimientos: el constructivista y el basado en el modelado. Modelos que, cómo advertimos en 6.4, no son ni únicos ni excluyentes. Existen sin lugar a dudas otros modelos posibles de profesor ante la enseñanza de estos contenidos. Cómo indicación basta con remitirnos a la diferenciación de modelos pedagógicos actuales que establece Sarramona (2000).

Pero ninguno de los modelos es puro en la práctica diaria. En la investigación hemos detectado que junto a conductas particulares y específicas que se ajustan a un único modelo hay una gama extensa de otras actuaciones que, en 8.6.1.1, aglutinábamos en tres grandes categorías: control del aula, obstáculos al aprendizaje y apoyos básicos al aprendizaje. Era, evidentemente, una propuesta muy embrionaria que deja entrever una nueva línea de investigación que da lugar a profundizar cómo los profesores de tecnología y sus actuaciones inciden en los aprendizajes procedimentales de los alumnos.

10.5 SÍNTESIS DEL CAPÍTULO

La discusión de resultados se realiza contrastando las diferencias significativas halladas al finalizar la intervención (medida postest1), en el conocimiento declarativo y en el conocimiento procedimental de los dos procedimientos objeto de estudio, con el constructo hipotético formulado al inicio del estudio empírico y dando explicación del porqué de estas diferencias.

Sobre los aprendizajes en el uso del pie de rey se argumenta que los resultados obtenidos pueden estar condicionados por la distinta actividad y modo de acceder al conocimiento que comporta cada estrategia didáctica; por las características que definen este procedimiento algorítmico (en la simplicidad del procedimiento y en la especificidad de algunas de sus acciones particulares) y por el carácter de organizador gráfico inherente a los diagramas de flujo. Se descarta -al identificar el factor

contextual que origina las diferencias- que la presencia de acciones prescindibles en las representaciones del grupo de modelado sin diagramas de flujo se deba a la estrategia adoptada por este grupo experimental. Se corrobora que la igualdad entre los cuatro grupos experimentales en la puesta en práctica del uso del pie de rey se mantiene con un criterio de máxima exigencia (nulo margen de error) y que los resultados obtenidos por todos ellos al medir con el pie de rey son independientes del conocimiento declarativo que los alumnos expresen sobre el procedimiento.

Los resultados de aprendizaje en el análisis de objetos tecnológicos pueden explicarse desde la complejidad que encierra este procedimiento heurístico; por algunas de las cualidades que parecen asociadas al uso de los diagramas de flujo en el aprendizaje de procedimientos (organizador gráfico de la secuencia procedimental, inducción a una expresión verbal concisa de acciones, función metraprocedimental, facilitador de la comprensión del conocimiento y adecuación al desarrollo cognitivo en momentos de transición de pensamiento concreto a abstracto); y por la diversidad de la actividad asociada a cada estrategia didáctica adoptada. La existencia de diferencias intergrupo en la puesta en práctica del procedimiento de análisis de objetos se origina en sucesos particulares: mayor consideración (durante la elaboración del conocimiento declarativo) de un procedimiento que forma parte de la secuencia del procedimiento de análisis de objetos; presencia de acciones clave en la expresión de la secuencia de este procedimiento y reproducción mimética de actuaciones docentes. Sucesos, todos ellos, relacionados con la estrategia didáctica que se implementa durante la intervención en los grupos experimentales que resultan favorecidos por dichas diferencias.

En cuanto a los logros de aprendizaje sobre los diagramas de flujo se constata que los alumnos de primer ciclo de la ESO (12 años) emplean sin dificultad el lenguaje de este sistema de representación para construir diagramas de flujo. Circunstancia que puede explicarse por sus conocimientos previos de la simbología empleada para construirlos y por la sencillez de las reglas sintácticas que deben aplicar. Se detecta que -por iniciativa propia- algunos alumnos (mayoritariamente del grupo que combina estrategia constructivista y uso de diagramas de flujo) introducen elementos novedosos en los diagramas que elaboran, ajustando dicho lenguaje a sus necesidades de expresión.

Un análisis cualitativo complementario de las estructuras expresadas sobre el conocimiento declarativo en los procedimientos de uso del pie de rey y del análisis de objetos tecnológicos muestra las diferencias entre los alumnos más y menos

competentes de cada grupo experimental y aporta algunas nuevas evidencias -cuando dicho análisis se extiende en una característica determinada a todos los alumnos de los cuatro grupos experimentales- sobre las diferencias de aprendizaje habidas en los grupos según sea la estrategia didáctica seguida durante la intervención. Estas evidencias aluden a la dependencia de las estructuras representadas de modelos externos, al ajuste y cantidad de acciones de la representación respecto de las secuencias estandarizadas, a la permanencia en el tiempo del conocimiento declarativo, a la tipología de las representaciones y a su contenido verbal.

Tras la discusión de resultados, las principales conclusiones a que se llega son que:

- Hay escasas, por puntuales y poco permanentes en el tiempo, diferencias de aprendizaje entre los grupos en cuanto al conocimiento declarativo sobre el uso del pie de rey según sea la estrategia empleada. Aunque, cuando estas diferencias aparecen son favorables a los dos grupos que siguen una estrategia constructivista.
- Todas las estrategias psicodidácticas dan lugar a aprendizajes similares en el uso práctico del pie de rey.
- Todos los grupos experimentales muestran logros de aprendizaje en el conocimiento declarativo sobre el análisis de objetos tecnológicos, pero son los grupos que combinan la estrategia de modelado o constructivista con el uso de los diagramas de flujo quienes expresan secuencias más elaboradas sobre el procedimiento.
- También todos los grupos experimentales muestran progresos significativos en la aplicación práctica del análisis de objetos. Pero son los dos grupos constructivistas (con y sin diagramas de flujo) quienes muestran mayores logros de aprendizaje, pues incorporan significativamente un mayor número de procedimientos asociados a la práctica de este análisis.
- Los diagramas de flujo pueden ser utilizados por alumnos de primer ciclo de la ESO para representar el conocimiento declarativo sobre un procedimiento y como auxiliar didáctico en la enseñanza-aprendizaje de procedimientos.

Desde la recopilación y sistematización efectuada en el marco teórico acerca de la enseñanza y el aprendizaje de contenidos procedimentales y desde los resultados obtenidos en el estudio empírico se plantean diversas aportaciones que pueden ser transferidas a la práctica educativa en el área de tecnología de la educación secundaria obligatoria.

El trabajo finaliza formulando distintas propuestas -desde la perspectiva psicodidáctica que caracteriza todo el estudio- sobre la continuidad de la investigación. Entre dichas propuestas -surgidas de los resultados hallados en la investigación y de su discusión en este capítulo- destacan, además de la verificación de los resultados y conclusiones obtenidos: la mejora del sistema de categorías usado para analizar las intervenciones docentes, el desarrollo y aplicación de un sistema de análisis del conocimiento declarativo centrado en las estructuras expresadas por los alumnos y el estudio, en mayor profundidad, de algunas de las funciones de los diagramas de flujo y su efecto en el aprendizaje de los contenidos procedimentales.



