

COLERA

AYUDAS 97

I/1171

**UN PROGRAMA PARA LA AUTOFORMACIÓN
CIENTÍFICA Y DIDÁCTICA
DEL PROFESORADO DE MATEMÁTICAS
DE ENSEÑANZA SECUNDARIA**

MINISTERIO DE EDUCACIÓN Y CULTURA	
Subsecretaría General de Educación y Formación Profesional	
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DOCUMENTACIÓN EDUCATIVA	
MADRID	
COLECCIÓN	4319
CLASIFICACIÓN	25-3-97

**MEMORIA DE LA
INVESTIGACIÓN
Y RESULTADOS**



SERVIDIO DE EDUCACIÓN, CULTURA Y DEPORTE
BIBLIOTECA
11 DIC 2002
ENTRADA DONATIVO

JOSÉ COLERA JIMÉNEZ
MIGUEL DE GUZMÁN OZÁMIZ
EUGENIO HERNÁNDEZ RODRÍGUEZ
VICENTE RIVIÈRE GÓMEZ

INVESTIGACIÓN FINANCIADA POR EL CIDE
(RESOLUCIÓN DEL 31 DE JULIO DE 1991)
(B.O.E DEL 10 DE SEPTIEMBRE)

NA-12293
R. 140459

AGRADECIMIENTOS

A **Jesús Alonso Tapia** por su ayuda a lo largo de toda la realización del proyecto, desde su gestación hasta la elaboración estadística de los datos.

A **Ángel Meriel Díaz** por su colaboración en la preparación de algunos de los materiales.

A **Serapio García Cuesta** por el diseño de uno de los bloques del módulo de Geometría.

Finalmente queremos agradecer la colaboración de todos los profesores y profesoras que voluntariamente participaron en la investigación, sin cuya ayuda ésta no habría sido posible.

UN PROGRAMA PARA LA AUTOFORMACIÓN
CIENTÍFICA Y DIDÁCTICA
DEL PROFESORADO DE MATEMÁTICAS
DE ENSEÑANZA SECUNDARIA

CAPÍTULO 1. PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

CAPÍTULO 2. DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

1. Introducción.
2. Primera etapa: módulo de Geometría.
 - 2.1. Descripción del material de Geometría.
 - 2.2. Selección de los participantes y cuestionario de expectativas y actitudes.
 - 2.3. Guías de lectura crítica.
 - 2.4. Pruebas de conocimiento.
3. Segunda etapa: módulos de análisis y de estadística.
 - 3.1. Descripción del material.
 - 3.1.1. Módulo de Análisis.
 - 3.1.2. Módulo de Estadística.
 - 3.2. Selección de los participantes y cuestionario de expectativas y actitudes.
 - 3.3. Guías de lectura crítica.
 - 3.4. Pruebas de conocimiento.
 - 3.5. Cuestionario de valoración global.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LOS DATOS

1. Introducción.
2. Instrumentos de recogida de información.
3. Fase segunda. Módulos de Optimización y Estadística.

Descripción de las variables

 - 3.1 Variables para la descripción de los participantes.
 - 3.2 Variables de opinión.
 - 3.3 Variables de lectura.
 - 3.4 Variables de conocimientos.
 - 3.5 Variables compuestas.
4. Técnicas de tratamiento de los datos.
 - 4.1 Técnicas de análisis descriptivo de los datos.
 - 4.2 Cálculo de correlaciones.
5. Instrumentos de valoración de los materiales.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

1. Los participantes en el programa
 - 1.1 Perfil de los participantes
 - 1.2 Motivos para participar
2. Cómo se han estudiado los materiales
 - 2.1 Tiempo invertido
 - 2.2 Formas de estudio global de cada módulo de formación
 - 2.3 Formas de estudio de cada bloque
3. Análisis de las guías de lectura
 - 3.1 Material de optimización
 - 3.1 Material de estadística
4. Eficacia formativa de los materiales
 - 4.1 Mejoría en los conocimientos
 - 4.2 Factores que pudieran haber influido
5. Satisfacción con la participación

CAPÍTULO 5. CONCLUSIONES

ANEXOS

- Anexo 1:** Un ejemplo de exposición en el módulo de Geometría.
- Anexo 2:** Tabla de descripción gráfica de los contenidos del módulo de Geometría.
- Anexo 3:** Cuestionario de actitudes y expectativas para el módulo de Geometría.
- Anexo 4:** Guía de lectura crítica para los bloques de Geometría.
- Anexo 5:** Extracto de una parte del tema de Optimización.
- Anexo 6:** Tabla de descripción gráfica de los contenidos del módulo de Optimización.
- Anexo 7:** Extracto de una parte del tema de Inferencia Estadística.
- Anexo 8:** Cuestionario de actitudes y expectativas para el módulo de Optimización.
- Anexo 9:** Cuestionario de actitudes y expectativas para el módulo de Inferencia Estadística.
- Anexo 10:** Guías de lectura crítica para los bloques de Optimización e Inferencia Estadística.
- Anexo 11:** Cuestionario de valoración global del módulo de Optimización.
- Anexo 12:** Cuestionario de valoración global del módulo de Inferencia Estadística.
- Anexo 13:** Módulo de Optimización: parámetros estadísticos de las variables.
- Anexo 14:** Módulo de Optimización: correlaciones entre alguna de la variables.
- Anexo 15:** Módulo de Inferencia Estadística: parámetros estadísticos de las variables.
- Anexo 16:** Módulo de Inferencia Estadística: correlaciones entre algunas de las variables.
- Anexo 17:** Análisis estadístico de las guías de lectura del módulo de Optimización.
- Anexo 18:** Análisis estadístico de las guías de lectura del módulo de Inferencia Estadística.

CAPÍTULO 1

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

El profesor debe saber mucho
y debe saber callárselo.

P. Puig Adam

Debe saber callar o atemperar,

- grandes cantidades de información, sabiendo escoger la imprescindible y administrarla razonablemente.
- información muy elaborada, adaptando el grado de elaboración a la edad, capacidad e intereses de los alumnos.
- excesivo rigor, comprendiendo que la formalización prematura es un gran obstáculo para la comprensión de los conceptos.
- herramientas demasiado potentes, que impiden ver el por qué y el para qué del proceso.
-

No obstante hay que insistir en que el profesor ; debe saber mucho ! Sus conocimientos debe estar muy por encima de lo que deben enseñar a sus alumnos.

Con esta investigación se ha pretendido elaborar, experimentar y valorar unos materiales escritos destinados a la formación científica y didáctica de profesores de matemáticas de enseñanza secundaria, concebidos para ser utilizados personalmente (autoformación), pero susceptibles de ser usados como material básico en cursos de formación de profesores.

La formación del profesorado es tarea crucial en todo proceso de reforma. Más aún en éste en el que estamos inmersos por las grandes modificaciones que ha habido en el alumnado (cantidad, niveles de acceso, expectativas, actitudes,...) y por la fuerte evolución que han experimentado en los últimos años las

concepciones didácticas y metodológicas.

Hay dos grandes aspectos en la formación y en las actitudes del profesorado de matemáticas:

- Afición a las matemáticas como disciplina, como objeto de estudio. Esta afición le llevará durante toda su vida a interesarse por la resolución de problemas; a profundizar en contenidos matemáticos, relacionarlos, descubrir aplicaciones, prestar atención a aspectos epistemológicos e históricos;...

- Motivación vocacional como profesor, lo que le impulsa a la búsqueda continua de modos de conseguir que las matemáticas resulten más sencillas, mas atractivas, así como de distintas formas de tratar un tema según el nivel de los alumnos, y, en consecuencia, provoca una tendencia a mejorar sus conocimientos psicopedagógicos y a utilizarlos para el diseño de su propio currículo.

Ambas actitudes son necesarias y complementarias. Exageraciones en una de ellas y olvido de la otra traen como consecuencia vicios contrapuestos:

- Planteamiento de las clases como si estuvieran destinadas a matemáticos en ciernes: grandes cantidades de información matemática, excesivo rigor, terminología abstracta, elaboración excesiva y prematura, teorización extemporánea,...

- Trivialización. Confusión del papel del juego como desencadenante de ideas con el juego por sí mismo. Buscando la sencillez caer en lo facilón.

Estas dos posturas contrapuestas, lejos de suavizarse, con frecuencia se enquistan y se hacen difícilmente reconciliables. Una buena tarea de formación del profesorado debe, no sólo ahondar en la formación científica y en la formación didáctica, sino también acentuar la estrecha relación que debe existir entre ambas. Este es el papel que juegan los cursos A.C.D. organizados en Centros de Profesores.

Este trabajo pretende contribuir a descentralizar y extender al máximo la formación del profesorado, especialmente necesaria en matemáticas pues cada vez es mayor la proporción de no matemáticos entre los profesores de este área. Biólogos, químicos, economistas,.. son licenciados que pueden desempeñar con toda solvencia la tarea de profesor de matemáticas de enseñanza secundaria, con la condición de que reciban una

importante formación complementaria.

Para ello nos propusimos identificar algunos de los aspectos básicos en la formación de profesores de secundaria; elaborar un material escrito sencillo, manejable y suficiente, con varios niveles de profundización; y estudiar el grado de validez del mismo para la autoformación del profesorado.

Con este fin hemos elaborado tres unidades didácticas correspondientes a geometría, optimización y estadística inferencial.

Cada una de ellas se ha puesto en manos de un grupo de profesores que las han estudiado, y con quienes se ha evaluado la validez de ese material.

Evaluación.

Las unidades elaboradas han sido evaluadas tanto por la opinión que le merecieron a los profesores que trabajaron con ellas (valoración subjetiva) como por el aprendizaje que con ellas adquirieron.

Las hipótesis con las que trabajamos son:

H.1 Como consecuencia del estudio de una de las unidades elaboradas se produce en el profesorado un cambio positivo de las expectativas respecto a la utilidad de este tipo de material y un incremento significativo de sus conocimientos sobre el tema y su didáctica.

Pero hay otro aspecto, también importante, y que quisimos sondear: el grado de aceptación, a priori, que un material de este tipo produce en el profesorado. Formulamos una segunda hipótesis:

H.2 Una importante proporción de profesores de Enseñanza Media poco proclive a participar en cursos de actualización, estaría dispuesto a dedicar tiempo y esfuerzo a su autoformación mediante el uso de un material con las características del presente.

CAPITULO 2

DESARROLLO DE LA INVESTIGACION

1. Introducción.
 2. Primera etapa: módulo de Geometría.
 - 2.1. Descripción del material de Geometría.
 - 2.2. Selección de los participantes y cuestionario de actitudes y expectativas.
 - 2.3. Guías de lectura crítica.
 - 2.4. Pruebas de conocimiento.
 3. Segunda etapa: módulos de Análisis y de Estadística.
 - 3.1. Descripción del material.
 - 3.1.1. Módulo de Análisis.
 - 3.1.2. Módulo de Estadística.
 - 3.2. Selección de los participantes y cuestionario de actitudes y expectativas.
 - 3.3. Guías de lectura crítica.
 - 3.4. Pruebas de conocimiento.
 - 3.5. Cuestionario de valoración global.
-

1. Introducción

En este capítulo describiremos el proceso seguido en la elaboración de los materiales y cuestionarios del proyecto de "autoformación científica y didáctica del profesorado de matemáticas de enseñanza secundaria".

Se han desarrollado en esta investigación tres tipos de materiales, que corresponden a las áreas de **Geometría, Análisis y Estadística**, desarrollando un módulo por cada una de estas áreas. Una vez diseñados cada uno de estos materiales, cuyas características serán descritas en el apartado correspondiente de este mismo capítulo, se ha llevado a cabo una investigación para estudiar la validez de estos materiales en lo que respecta a su **aceptación por los participantes** y a la **eficacia como instrumento de autoformación**.

Los materiales son presentados a profesores de matemáticas

para que realicen una crítica minuciosa de cada uno de los bloques que contienen estos módulos; para ello se les solicita que rellenen por cada uno de los bloques de que se compone cada módulo un cuestionario que hemos bautizado en el nombre de **guía de lectura crítica**. Se solicita que cada uno de los participantes rellene un cuestionario de **actitudes y expectativas** previo a la lectura de cada módulo y se les pide que contesten por escrito a varias **pruebas de conocimiento** con las que se pretende comparar la variación de conocimientos antes de haber leído el material diseñado y después de un período en el que los participantes han podido trabajar con los materiales que se les entregó.

Todo este proceso, desde la elaboración de los materiales hasta la confección de las pruebas de conocimiento, será descrito en este capítulo.

El no disponer de documentación sobre trabajos semejantes, y debido a la falta de experiencia en el desarrollo de investigaciones de este tipo, nos obligó a desarrollar el proyecto en **dos etapas**; la primera serviría como instrumento para desarrollar mejor la segunda; en la segunda, una vez corregidos los defectos encontrados en el desarrollo de la primera, se pudieron obtener conclusiones más fiables acerca de la validez de los objetivos propuestos. Se describen en este capítulo las dos etapas por separado.

2. Primera etapa: módulo de Geometría

2.1. Descripción del material de Geometría

Los profesores de enseñanza secundaria formados en la universidad española en los últimos veinte años han recibido una escasa formación referente a la geometría analítica. Sobre esta parcela de las matemáticas es sobre la que planteamos el primero de nuestros materiales. Con este tema se pretende lograr una mayor formación científica de los profesores de matemáticas, exponer estos temas de manera adecuada para que puedan ser presentados en el aula y colaborar en la formación didáctica del mismo grupo de profesores.

Preparamos este material de geometría con especial atención a los **poliedros regulares**, lo que nos permitió desarrollar

contenidos geométricos en dos y tres dimensiones extraordinariamente enriquecedores y que creemos deben servir para revitalizar la visión geométrica en la enseñanza de la matemática.

El material fue diseñado proponiendo explícitamente numerosas actividades y dejando abierta la posibilidad para que un lector en actitud creativa pueda emprender el estudio de nuevos temas.

Además, se pretendió imitar en la exposición la **labor creativa**: una labor inicial de manipulación con los objetos que se contemplan, el cuestionamiento inteligente de relaciones que van surgiendo a través de la manipulación, la conjetura y el tanteo sobre circunstancias ocultas en un principio, la demostración de estas conjeturas a partir de resultados conocidos y finalmente la revisión del edificio construido para tener una visión unitaria y comprensiva de todo lo alcanzado.

Este proceso puede observarse ya en el primero de los bloques dedicado a servir de guía para el desarrollo del resto. La fórmula de Euler para los poliedros, en la que al lector se le pide que participe activamente en su descubrimiento, es un ejemplo de ello (véase anexo 1).

El material de Geometría ha sido dividido en **12 bloques** y en cada uno de ellos se ha intentado realizar una presentación sistemática de un pequeño capítulo de esta rama. El material desarrollado se presta a no seguir un estudio lineal, sino que el lector puede elegir los caminos que desee, de acuerdo con sus preferencias. Al comienzo de este módulo se ha incluido una descripción de los posibles caminos a seguir por el vericuetto de bloques que se exponen. Puede apreciarse esta descripción gráfica en el anexo 2.

La actividad matemática se basa en la constante resolución de problemas. Como ya se ha mencionado anteriormente, hemos tratado de diseñar cada uno de los bloques para que el lector tenga la oportunidad de realizar numerosas actividades por su cuenta. En muchas de las cuestiones planteadas hemos incluido al final de cada bloque su resolución o una sugerencia para llegar a ella. Pues creemos que a veces es necesario que el lector pueda disponer de un lugar en el que salir de dudas antes de que en él

cunda el desánimo por la imposibilidad de resolver satisfactoriamente alguna de las cuestiones planteadas.

Los doce bloques que constituyen el módulo de Geometría se han dividido en tres clases: en una de ellas se describe la **línea principal**, que es el bloque 1, otros se engloban dentro de **actividades básicas**, que son los bloques 2, 3, 4, 5 y 6 fácilmente trasladables al aula convenientemente adaptados, y los restantes se denominan **actividades de profundización**, y están diseñados para ampliar los conocimientos científicos de los participantes y su uso en el aula resulta de mayor dificultad. Todos ellos se han entrelazado para formar una estructura que es la que aparece en el anexo 2.

No se han olvidado en este módulo los aspectos didácticos. Cada unidad se ha desarrollado siguiendo un método susceptible de ser aplicado en el aula. Al final se ha dedicado un capítulo específico a la enumeración de sugerencias y recursos didácticos y en él se incluye bibliografía sobre libros, videos, programas de ordenador y material para manipular.

2.2. Selección de los participantes y cuestionario de actitudes y expectativas.

Una vez desarrollado el módulo de Geometría, se procedió a pedir a varios profesores de Matemáticas de Enseñanza Secundaria que hicieran una primera lectura a fin de conocer su opinión en cuanto a la presentación, amenidad y dificultad de los temas tratados. Esto nos permitió hacer algunos cambios antes de proceder a realizar una convocatoria más amplia.

El proceso de selección de los participantes en esta primera etapa comenzó enviando una nota informativa a unos 240 centros docentes de la Comunidad Autónoma de Madrid. La selección de los centros se hizo atendiendo al criterio de que hubiera representación de los distintos sectores: 120 institutos de Educación Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional, cifra que representa la mitad del total, 70 colegios públicos, elegidos por su tamaño, para garantizar que hubiera varios profesores de matemáticas del ciclo superior de EGB, y otros 50 centros privados. En la nota se informaba de la investigación que se estaba llevando a cabo, del material que se había diseñado y se

pedía su colaboración. Los interesados debían rellenar una solicitud expresando su deseo de colaborar en esta actividad.

Se recibieron **48 solicitudes** y, previendo los posibles abandonos, se aceptó a todos ellos para que pudiéramos disponer al final del proceso un muestra adecuada para obtener conclusiones fiables.

A estos 48 profesores dispuestos a colaborar se les convocó a una primera reunión en la que se expusieron los objetivos de la investigación y se describió el trabajo que deberían realizar, se les pidió rellenar un **cuestionario de actitudes y expectativas** y contestar a una **prueba de conocimiento**. Todos estos cuestionarios y pruebas fueron contestados de manera anónima a través de una **CLAVE** que cada participante debía indicar en cada una de las hojas que rellenaba. El cuestionario de actitudes y expectativas para este módulo puede consultarse en el anexo 3.

2.3. Guías de lectura crítica

En la primera reunión con los profesores participantes se les entregó, por cada uno de los 12 bloques, un cuestionario que llamamos **guía de lectura crítica**, y se pidió que cada participante, una vez finalizada la lectura de cada bloque, cumplimentara el cuestionario correspondiente.

Estas guías, de las cuales puede verse una en el anexo 4, son uno de los instrumentos que usamos para conocer la validez de los materiales en cuanto a forma de presentación, contenidos, la satisfacción de los participantes con cada uno de los módulos y la recopilación de modificaciones que los participantes pensaban que deberían hacerse.

2.4. Pruebas de conocimiento

Uno de los objetivos marcados en el proyecto era evaluar la validez de los materiales desarrollados tanto en su aceptación por el profesorado como en su eficacia como instrumento de formación.

La aceptación por parte del profesorado se ha tratado de

medir con los cuestionarios y guías descritas en los apartados 2.2 y 2.3. Para conocer la eficacia del módulo de Geometría como instrumento de formación se diseñaron dos tipos de pruebas; una **prueba inicial** que fue contestada por los participantes durante la primera reunión, y una **prueba final** que era contestada una vez leído el material entregado.

En todo el experimento, y en particular en la corrección de ambas pruebas, se ha mantenido el anonimato de los participantes, cuestión esencialmente importante para que no se produzca sesgo alguno en la valoración de ellas. Por ello se pidió a los participantes que en todas las pruebas y cuestionarios se identificaran siempre con una clave que debía ser la misma durante toda la investigación para cada persona. En esta primera etapa se permitió que los participantes que lo desearan trabajaran el material en grupo, por lo que también se les pidió una clave de grupo, a fin de poder conocer las ventajas e inconvenientes de realizar esta actividad conjunta o individualmente.

En la primera convocatoria se pidió a los participantes que contestaran a una **Prueba inicial de conocimientos** que constaba de 12 preguntas relacionadas con los temas diseñados en este módulo.

Posteriormente se convocó a los participantes en dos ocasiones separadas de la primera y entre cada una de ellas por un intervalo de 6 semanas aproximadamente, de manera que pudieran dedicar una semana a cada uno de los bloques. En ambos casos se pidió a los participantes que contestaran a preguntas relacionadas con los bloques que habían trabajado antes de presentarse a cada una de las secciones. En general, respondieron a una media de 5 bloques en cada una de las convocatorias.

Estas preguntas, que se distribuían por bloques, constituyen la **Prueba final de conocimientos**. En esta prueba cada bloque tenía un número de preguntas variable y no se exigió responder a todos los bloques, sino solamente a los que se hubieran leído. Esto generó dificultades a la hora de establecer comparaciones entre el estado previo a la lectura y la situación después de haber trabajado los materiales, que, como se comentará más adelante, fueron subsanadas en la segunda etapa.

3. Segunda etapa: módulos de Análisis y de Estadística

Aprovechando la experiencia acumulada en la primera etapa se realizaron varios cambios en esta segunda, que describiremos a continuación.

Se diseñó un nuevo cuestionario de Actitudes y Expectativas en el que los temas se agruparon en cuatro grandes apartados y al que se añadieron preguntas que hechamos en falta en la primera etapa del trabajo.

Comprobamos que las preguntas de las guías de lectura crítica estaban bien diseñadas para el objetivo pretendido, por lo que no se variaron. Sin embargo, las respuestas eran en algunas preguntas demasiado abiertas, por lo que se añadieron posibles respuestas a algunas de las preguntas. Esto sirvió también para facilitar la codificación de las respuestas recogidas.

En el módulo de Geometría las pruebas inicial y final no tenían la misma estructura. Esto presentó problemas cuando se procedió a comparar los resultados de ambas pruebas. Para evitar estas dificultades en los módulos de Análisis y Estadística las pruebas inicial y final tenían la misma estructura, por lo que las comparaciones que se hagan serán más fiables.

Finalmente se añadió un Cuestionario de valoración global, que no se había diseñado en la primera fase, y que nos permitiera conocer la opinión general de los participantes sobre cada uno de los módulos.

A continuación describiremos el proceso seguido en la segunda etapa del proyecto, describiremos el material de los módulos de Análisis y Estadística diseñados para ella, así como los cuestionarios que se usaron.

3.1. Descripción del material

En esta fase se desarrollaron simultáneamente dos temas, uno relacionado con Análisis y otro con Estadística. Al igual que en el módulo de Geometría se dividió la exposición en bloques para facilitar la lectura por parte de los participantes en el experimento. A continuación describiremos por separado cada uno

de los módulos.

3.1.1. Módulo de Análisis

El Análisis es uno de los temas que se trata con mayor profundidad en los programas de enseñanza secundaria; pretender hacer un módulo que abarcara todo el temario es una tarea fuera de los objetivos de esta investigación.

Decidimos elegir un tema dentro del Análisis que, al menos en parte, se encontrara dentro del currículum de matemáticas de enseñanza secundaria, y permitiera a la vez incluir temas que sirvieran para ampliar los conocimientos de los profesores.

Realizamos un trabajo sobre **optimización**, es decir la parte de la matemática que se ocupa de decidir cómo se puede "**conseguir más con menos**". Con este tema hemos podido mostrar el crecimiento de una rama de la matemática a través de los siglos, al aprovechar problemas que despertaron la curiosidad de los pensadores y científicos en épocas pasadas para desarrollar varias de las técnicas que se usan en este campo.

En este tema también pretendemos mostrar que la optimización es un problema central en nuestra cultura tecnológica y científica y que su ámbito de tratamiento no se restringe a los métodos tradicionales del cálculo infinitesimal. A veces, simples argumentos geométricos, como los detallados en los bloques 6 y 7 del trabajo, son más efectivos que el largo y tedioso método del cálculo.

Este módulo consta de 11 bloques de los que haremos una breve descripción a continuación. El bloque 1 marca los objetivos del módulo, muestra las apasionantes relaciones que aparecen en la naturaleza como consecuencia de procesos de optimización y sirve de guía para el resto de los bloques.

Los bloques 2 a 5 son un recorrido histórico sobre cuatro problemas clásicos de optimización que han contribuido al desarrollo de los métodos propios de este área. En ellos hemos pretendido acercarnos al método que sigue un científico para afrontar un problema: una labor inicial de manipulación y experimentos, la conjetura a partir de los resultados obtenidos, la demostración de éstas y la revisión del edificio construido.

Como muestra puede servir el comienzo del bloque 3 dedicado al problema de decidir en qué lugar debe situarse una escuela para los habitantes de tres pueblos de manera que se gaste diariamente la menor energía posible en el traslado. En este problema utilizamos una forma de experimentación cada vez más accesible en los centros de Enseñanza Media y que ha sido posible debido al gran desarrollo que han tenido en los últimos años los programas de ordenador para realizar cálculos. Usamos el programa DERIVE para conseguir acercarnos a la solución de los problemas. (Véase una muestra de ello en el anexo 5.)

En los bloques 6 a 9 se describen los métodos de optimización más comunes incluyendo métodos geométricos y analíticos. Estos son los temas principales y en ellos se pretende hacer un desarrollo ameno de los formalismos de la optimización.

Como actividades complementarias se describen el cálculo de variaciones (bloque 10) y algunos problemas de optimización sobre grafos (bloque 11). El primero es una continuación de algunos de los métodos usados en la resolución de problemas planteados en los bloques 4 y 5 y el segundo es un tema de gran importancia en la mejor ordenación de las comunicaciones. Ambos son de un nivel superior al exigido en los programas de enseñanza secundaria, pero contribuyen a la formación científica del profesorado de este nivel educativo.

Se han propuesto numerosos ejercicios a lo largo de todo el texto para que el lector pueda ejercer la principal actividad matemática, que es la resolución de problemas. En muchas de las cuestiones planteadas hemos incluido al final de cada bloque su solución para facilitar la continuación del trabajo en caso de que no se haya podido resolver alguno de los problemas.

Al comienzo del módulo se ha incluido una descripción gráfica de cada uno de los bloques y la relación entre ellos para facilitar su lectura. Se recoge esta descripción gráfica en el anexo 6.

3.1.2. Módulo de Estadística

La Estadística está en vías de recuperación dentro del

currículo de Enseñanza Media. A diferencia de lo que ocurría hace unos años el profesorado se va acostumbrando a impartirla en clase y va adquiriendo recursos didácticos. En los Centros de Profesores han proliferado los cursos de Estadística que han ayudado a los profesores a centrar didácticamente este tema.

Por esto nos pareció innecesario abundar en aspectos elementales de la estadística -tablas y gráficas estadísticas, parámetros, distribuciones bidimensionales- o del azar -estudio experimental de las leyes del azar, cálculo de probabilidades- y dedicar de lleno este módulo a **Inferencia Estadística**, cuyo estudio aparece en el último curso de alguno de los nuevos bachilleratos y que una buena parte de los profesores o bien ignora, o bien tiene una idea del mismo como algo extremadamente difícil, muy lejano a la intuición y a una posible visión elemental.

El tema principal, **Inferencia Estadística**, va precedido de algunas reflexiones sobre el muestreo y de una visión intuitiva del Teorema Central del Límite. Y se acompaña de dos bloques dedicados fundamentalmente a la distribución binomial y normal, cuyo conocimiento es básico para los temas principales, pero que podemos suponer conocidos por una buena parte de los hipotéticos lectores.

Hacemos a continuación una sucinta descripción de los bloques que constituyen este módulo. El Bloque 1 juega el papel de epítome. En él se revisa con ejemplos sencillos todo el recorrido:

El papel de la muestra

Como inferir a partir de una muestra

Qué seguridad (o inseguridad) tenemos en lo inferido.

Lo consideramos una introducción muy útil para quien no tiene ideas claras sobre este tema.

Los Bloques 2, 3 y 4 contienen los contenidos fundamentales de este módulo. El Bloque 2 atiende a las características que debe tener una muestra: ser aleatoria y tener un tamaño adecuado para lo que se quiere estimar con ella. Para el estudio de ambas características se aportan experiencias que pueden realizarse con alumnos de enseñanza media.

El Bloque 3 trata de ver de forma clara e intuitiva el

Teorema Central del Límite: las medias de las muestras de tamaño n de una población de media μ y desviación típica σ se distribuyen como una distribución normal de media μ y cuya desviación típica es σ/\sqrt{n} , si se cumplen ciertas condiciones.

El Bloque 4 desarrolla la inferencia estadística que puede realizarse usando exclusivamente la distribución normal.

Los Bloques 5 y 6 son básicos para lo anterior, pero figuran al final, como complementos, porque cabe suponer que una alta proporción de lectores los domina.

El Bloque 7, ligado a la distribución normal, tiene también relación con el 4 por tratarse de cómo estudiar la hipótesis de que una serie de datos provenga de una distribución normal.

En el anexo 7 de esta memoria se incluye un ejemplo, tomado del módulo de Estadística, que refleja el tratamiento eminentemente intuitivo con el que se han querido tratar estos temas.

3.2. Selección de los participantes y cuestionario de actitudes y expectativas.

Al igual que en el módulo de Geometría el proceso de selección de los participantes en los módulos de Análisis y Estadística comenzó con el envío de una nota informativa a un cierto número de centros. De acuerdo con los resultados de la primera convocatoria, en esta segunda ocasión el envío se limitó a los Institutos de Educación Secundaria, Bachillerato y Formación Profesional a los que no se había enviado anteriormente. Se remitió, asimismo, una nota similar a quienes habían participado en la primera etapa.

En estas notas se informaba de nuestros objetivos, del material que se había diseñado y de las tareas que deberían realizar en caso de que fueran seleccionados. Los seleccionados tenían que rellenar una hoja de inscripción expresando su deseo de colaborar en esta actividad. En la selección se aceptó a todos los que manifestaron su deseo de colaborar para poder tener al final del proceso una muestra fiable de cara a obtener conclusiones.

Después de hacer la selección asistieron a la primera reunión 47 personas que aceptaron trabajar en el módulo de **Análisis (Optimización)** y 34 que se inclinaron por el módulo de **Estadística (Inferencia Estadística)**. Como expondremos más adelante no todos ellos continuaron el proceso hasta el final.

A las personas que manifestaron su deseo de colaborar se les convocó a una primera reunión en la que se expuso los objetivos de la investigación, se describió el trabajo que deberían realizar, y se les pidió rellenar un **cuestionario de actitudes y expectativas** y contestar a una **prueba de conocimientos**. Todos los cuestionarios y pruebas fueron contestados de manera anónima a través de una **CLAVE** que cada participante escribió en cada una de las hojas que rellenaba.

El **cuestionario de actitudes y expectativas** para estos módulos puede consultarse en los anexos 8 (Optimización) y 3.2.B (Inferencia Estadística). Ambos constaban de cuatro apartados:

- I. Datos generales
- II. Motivación
- III. Formación
- IV. Otros

El cuestionario fue similar para ambos módulos. Como puede apreciarse en los cuestionarios de los anexos 8 y 9 la mayor diferencia entre ellos estriba en las preguntas del apartado IV.

El estudio estadístico de estos datos se ha realizado solamente con los cuestionarios de aquellos participantes que estuvieron presentes durante todo el proceso; esto ha reducido el número de cuestionarios utilizados a **25 en Optimización** y **23 en Inferencia Estadística**. Con ellos se ha hecho un estudio que se describirá más detalladamente en capítulos posteriores.

3.3. Guías de lectura crítica

En la primera reunión que se realizó con los profesores participantes se les entregó por cada uno de los bloques un cuestionario denominado **guía de lectura crítica** y que cada participante tenía que rellenar una vez finalizada la lectura de cada uno de los bloques. Las guías contenían las mismas preguntas para ambos módulos, por lo que solamente reproducimos una de ellas en el anexo 10.

Cada guía de lectura consta de cuatro apartados:

- A. Lectura realizada
- B. Contenidos
- C. Valoración
- D. Cuestiones formales

La estructura es similar a la de las guías de lectura del módulo de Geometría (véase anexo 4), pero se ha aprovechado la experiencia de este módulo para facilitar la codificación, poniendo preguntas cerradas con un abanico de posibles respuestas.

3.4. Pruebas de conocimientos

Recuérdese que uno de los objetivos marcados en el proyecto era evaluar la validez de los materiales desarrollados tanto en lo que se refiere a su aceptación por el profesorado como a su eficacia como instrumento de formación.

Para poder verificar este último objetivo se diseñaron dos tipos de **pruebas de conocimiento**, una **prueba previa** que debía ser contestada por los participantes en la primera reunión, y una **prueba final** que fue contestada en la última cita, una vez que los participantes habían leído el material. Entre ambas se realizó una reunión voluntaria que sirvió para allanar las dificultades que los participantes fueron encontrando durante la lectura de los bloques.

Al igual que en el módulo de Geometría, se mantuvo el anonimato durante todo el proceso pidiendo a los participantes que identificaran todos los cuestionarios solamente con una clave. En este caso no se solicitó clave de grupo, aunque no existiera impedimento para que los participantes que lo desearan trabajaran el material conjuntamente. Sin embargo esta variable no fue usada en los estudios estadísticos de la primera etapa y decidimos no tenerla en cuenta en esta segunda.

La **prueba de conocimientos previos del módulo de Optimización** constaba de 10 preguntas relacionadas con los temas desarrollados en dicho módulo. La correspondiente al **módulo de Inferencia Estadística** constaba de 6 preguntas, una de las cuales tenía dos apartados.

Las pruebas finales en ambos módulos eran similares a las pruebas previas: tenían el mismo número de preguntas y las cuestiones eran de dificultad similar. Esto nos ha permitido hacer una comparación precisa entre los resultados de una y otra prueba. Para conseguir una mayor validez de la prueba la corrección fue realizada por el mismo corrector en ambos casos con iguales criterios de calificación.

Como ya hemos mencionado anteriormente la muestra inicial ^{→ 23?} se redujo a 25 en el caso del módulo de Optimización y (24) en el de Inferencia Estadística. Son estos cuestionarios los que utilizaremos para las comparaciones.

En capítulos posteriores se expondrán otras formas de medir las diferencias entre ambas pruebas. Tomando aquí en consideración solamente la diferencia de puntuación entre una prueba y otra, expondremos los resultados que se han obtenido.

En la prueba de **Optimización** cada ejercicio fue puntuado con 4 puntos, por lo que la puntuación máxima era de 40 puntos. En este módulo la **media de la prueba de conocimientos previa fue de 13,84** y la de la prueba final de **25,48**, por lo que se obtuvo una ganancia de 11,64 puntos sobre el máximo permitido de 40. Para poder comparar este dato con el correspondiente al módulo de Geometría, normalizamos la puntuación sobre 100, obteniendo una **ganancia porcentual de 29,10 puntos**.

En las pruebas de **Inferencia Estadística** los ejercicios se puntuaron también con 4 puntos y la puntuación máxima era de 28 puntos ya que uno de los ejercicios tenía dos apartados, cada uno de los cuales fue puntuado como ejercicio independiente. En este módulo la **media de la prueba de conocimientos previa fue de 8,29** y la de la **prueba final de 17,87**, con lo que se obtuvo una **ganancia media de 9,58 puntos** sobre el máximo permitido de 28. Para poder comparar este dato con el correspondiente al módulo de Análisis, normalizamos la puntuación sobre 100, obteniendo una **ganancia porcentual de 34,21 puntos**, que es algo superior a la correspondiente del módulo de Análisis.

Obsérvese que en ambos casos la puntuación media de la prueba inicial era inferior a la mitad de la puntuación máxima, mientras que esta cota fue superada por la puntuación media de la prueba final en ambos casos. Se puede concluir que ha existido

una ganancia significativa de conocimientos de alrededor del 30% antes y después de leer el material diseñado.

3.5. Cuestionario de valoración global

A fin de tener una evaluación global de cada uno de los módulos por parte de los participantes, se pidió que rellenaran durante la última sesión un **cuestionario de valoración global** por cada módulo. Véanse los anexos 11 (Optimización) y 12 (Inferencia Estadística).

Este tipo de cuestionarios, que no fue distribuido en la primera etapa, nos pareció interesante hacerlo en ésta para poder disponer de una opinión general sobre los módulos diseñados. Las preguntas se refieren al grado de dificultad, al formato, a su profundidad en la exposición, a la utilidad en el aula y a la forma de leer cada uno de los módulos, entre otras.

CAPÍTULO 3

METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE LOS DATOS

1. Introducción.
 2. Instrumentos de recogida de información.
 3. Módulos de Optimización y Estadística. Descripción de las variables.
 - 3.1 Variables para la descripción de los participantes.
 - 3.2 Variables de opinión.
 - 3.3 Variables de lectura.
 - 3.4 Variables de conocimientos.
 - 3.5 Variables compuestas.
 4. Técnicas de tratamiento de los datos.
 - 4.1 Técnicas de análisis descriptivo de los datos.
 - 4.2 Cálculo de correlaciones.
 5. Instrumentos de valoración de los materiales.
-

1. Introducción

A lo largo de la investigación se ha recogido información de dos tipos:

- sobre los participantes, sus características personales que pudieran influir en los resultados, su opinión y sus conocimientos.
- sobre los materiales, globalmente y acerca de cada una de sus partes o bloques.

La información sobre los participantes permitirá determinar el nivel de eficacia del programa de autoformación y, también, conocer cuáles son los factores que pudieran influir en unos mejores resultados. Se pretende conocer el perfil de los profesores que están dispuestos a participar en una actividad de formación permanente de esta naturaleza y la disponibilidad para la actividad que pueden ofrecer. Algunos de estos datos pueden tener incidencia en el grado de aprendizaje que se consiga.

Además, conviene averiguar cuánto saben los participantes sobre el tema objeto de estudio y, sobre todo, si han aumentado sus conocimientos en esos contenidos y si ha variado su valoración respecto al interés didáctico que tenían. La

confirmación de estos cambios será el indicador de hasta qué punto el profesor puede cambiar en alguna medida su práctica docente, cambio que, en definitiva, está detrás de cualquier pretensión de formación permanente del profesorado.

El segundo gran objetivo del proyecto debe ser la elaboración de unos materiales que efectivamente sirvan a la finalidad de autoformación para la que están concebidos. Interesa conocer si la estructura es adecuada, cuál es el grado de profundidad aceptable, y determinar el nivel de actividad que puede esperarse de los profesores en su estudio. En definitiva, todo tipo de información que permita establecer criterios para la elaboración de materiales para la autoformación.

Vamos a describir en este capítulo la información recogida sobre estos aspectos y el tratamiento que se ha dado a dicha información.

2. Instrumentos de recogida de información

Tal como se ha señalado en el capítulo segundo, la recogida de datos se ha realizado a través de los instrumentos siguientes:

- a) **Encuesta inicial de actitudes y expectativas**, cuyos objetivos principales han sido la búsqueda de información sobre la muestra y de los datos que pudieran influir en el resultado, tales como la formación inicial, la experiencia docente y la actitud de los participantes frente al tipo de tarea que tendrán que realizar y ante los contenidos de los materiales que se les presentan.
- b) **Prueba inicial de conocimientos** sobre el tema, previos al estudio del material.
- c) **Prueba final de conocimientos** sobre el tema, de características muy similares a la prueba previa. En el módulo de Geometría esta prueba se realizó en dos sesiones diferentes, con un intervalo de tiempo superior a un mes entre una y otra.
- d) **Encuesta final de valoración global**, en los módulos de optimización y estadística.
- e) **Guías de lectura** de cada uno de los bloques de los que consta cada módulo.

Con cada uno de estos instrumentos se ha obtenido una colección de datos sobre los participantes que, adecuadamente,

codificados, han permitido el análisis del perfil de los profesores que han seguido el programa, su actitud, sus conocimientos y sus opiniones antes y después de su participación.

Las diferencias entre la forma que han tenido los instrumentos utilizados en cada una de las dos etapas, los datos obtenidos y el análisis que se ha hecho con ellos justifican sobradamente la descripción independiente de cada una de ellas en relación con el análisis de los datos.

3. Módulos de Optimización y Estadística. Descripción de las variables.

Solamente serán descritas las variables usadas en la segunda etapa ya que la primera se utilizó como fase experimental para poder modificar los instrumentos de recogida de los datos y su tratamiento.

3.1. Variables para la descripción de los sujetos

Para la descripción de los sujetos y el análisis de la posible correlación entre determinadas características personales y los resultados obtenidos, se recogió información relativa a su edad, situación profesional y la formación que han recibido, tanto de carácter académico como de otra naturaleza. Esta información ha sido extraída de las respuestas al cuestionario inicial de actitudes y expectativas.

Se describen a continuación las variables utilizadas. Para esta descripción utilizaremos los nombres que se han dado para el análisis estadístico posterior, cuyos resultados aparecen en los anexos 13, 14, 15 y 16. Debe hacerse notar que, como para el resto de las variables, del análisis estadístico se han excluido los datos de aquellos participantes que no han completado el proceso. De acuerdo con ello, únicamente se han tomado en consideración los datos de quienes hubieran realizado la prueba de conocimientos final.

EST. Estudios realizados.

Información obtenida a partir de la primera pregunta del cuestionario de actitudes y expectativas. La formulación era abierta; sin embargo, dado que todos los sujetos fueron profesores de Enseñanza secundaria o de Universidad, las

respuestas corresponden en todos los casos a estudios superiores. La codificación de esta variable se corresponde con las diferentes licenciaturas que posee habitualmente un profesor de matemáticas de estos niveles.

Los valores asignados fueron:

- 1: Licenciado en Matemáticas
- 2: Licenciado en Físicas
- 3: Licenciado en Químicas
- 4: Ingeniero
- 5: Licenciado en Matemáticas con otro título universitario
- 6: Estudios superiores, sin determinar.

ANOFIN. Año de finalización de estudios.

Para poder valorar la incidencia del tiempo transcurrido desde la finalización de los estudios principales sobre la eficacia del programa, se recogió información sobre el año en el que se terminaron dichos estudios. Corresponde a la segunda de las preguntas del cuestionario de actitudes y expectativas que los participantes tuvieron que responder al inicio del programa.

El dato en este caso es numérico y su codificación se corresponde con las dos cifras finales del año de terminación de sus estudios.

ANOEX. Años de experiencia.

Aun cuando se puede esperar una fuerte relación con el año de finalización de los estudios, los años de experiencia pueden proporcionar información relevante acerca de la situación profesional de los posibles participantes en un programa de formación de estas características.

EDAD

Se trata de la tercera de las variables dirigidas a estudiar el perfil de los participantes, así como la posible incidencia en los resultados del tiempo transcurrido desde que se trataron los contenidos del módulo en la formación universitaria que se recibió. Como en los casos anteriores, se trata de una variable numérica de dos cifras.

NIVEL. Nivel en el que trabaja.

Se recogió esta información con la finalidad de estudiar su posible incidencia en valoraciones sobre la utilidad de los materiales así como, en general, en la opinión de los participantes en el programa y en su aplicabilidad. Sin embargo, la homogeneidad del colectivo de participantes, casi todos ellos profesores de Enseñanza secundaria en sus diferentes modalidades, condiciona su utilidad para el análisis. La codificación utilizada fue la siguiente:

- 1: BUP
- 2: FP
- 3: ESO
- 4: Universidad
- 5: Secundaria o Enseñanzas sin especificar

Debe notarse que el detalle de las enseñanzas que imparte cada profesor se debe principalmente a la situación momentánea del centro en el que están trabajando en el momento de realizarse la experiencia. El hecho de que los profesores de BUP, Formación Profesional y Educación Secundaria pertenezcan actualmente a un mismo colectivo hace que esta variable carezca de un valor significativo.

AC11, AC12, AC13, AC14 Y AC15. Experiencia en la enseñanza de los contenidos del módulo

Estas variables son el resultado de la codificación de la pregunta número 1 del cuestionario de actitudes, cuyo texto era:

¿Has tenido ocasión de enseñar a tus alumnos algo sobre optimización (o estadística)?

Los participantes podían señalar más de una respuesta. Cada una de las variables señaladas se corresponde con una de las posibles respuestas y ha sido codificada con 1 ó 0 según haya sido marcada o no. Las respuestas posibles y las variables que las describen son las siguientes:

a) Para el módulo de optimización.

Nunca: Variable AC11.

Consideraciones generales sobre lo que significa la optimización: Variable AC12.

Métodos analíticos (cálculo de extremos): Variable AC13.

Métodos de programación lineal: Variable AC14.

Otros métodos: Variable AC15.

b) Para el módulo de estadística.

Nunca: Variable AC11.

Estadística descriptiva: Variable AC12.

Estadística bidimensional: Variable AC13.

Distribuciones estadísticas: Variable AC14.

Estadística inferencial: Variable AC15.

AC21, AC22, AC23 Y AC24. Motivos de la participación

Estas cuatro variables reflejan las respuestas a la pregunta 2 del cuestionario de actitudes y expectativas. Están codificadas del mismo modo que las anteriores ya que también en este caso se admiten varias respuestas. La pregunta a la que deben responder los sujetos es:

¿Qué es lo que te ha animado en mayor medida a participar en este proyecto?

Para facilitar el tratamiento de los datos, se ofrecían cuatro posibles respuestas:

Me llamó la atención la convocatoria: Variable AC21.

Participan compañeros: Variable AC22.

Es una buena ocasión para actualizar mis conocimientos sin tener que asistir a actividades programadas; Variable AC23.

Otras: Variable AC24.

AC31, AC32, AC33 Y AC34. Expectativas

VARIABLES DE ESTRUCTURA IGUAL A LAS DE LOS DOS APARTADOS ANTERIORES. RESUMEN LAS RESPUESTAS A LA PREGUNTA NÚMERO 3 DEL CUESTIONARIO DE ACTITUDES Y EXPECTATIVAS, A LA QUE SE OFRECÍAN TAMBIÉN CUATRO RESPUESTAS, CON LA POSIBILIDAD DE QUE EL SUJETO ELIGIERA MÁS DE UNA. LA PREGUNTA EN CUESTIÓN ERA LA SIGUIENTE:

¿Qué esperas conseguir con tu participación?

Las respuestas han sido codificadas con valores 1 ó 0 a cada una de las variables asociadas a las alternativas que se indicaban:

Quiero saber más sobre este tema: Variable AC31.

Quiero conseguir ideas sobre cómo enseñar los contenidos a los que se refiere: Variable AC32.

Quiero conocer el material para ver si es posible utilizarlo con mis alumnos: Variable AC33.
Otros: Variable AC34.

T0. Dedicación previsible

Una de las posibles formas de medir la disponibilidad del sujeto y su posible implicación en el programa en el se acaba de embarcar es la declaración de la dedicación que tiene prevista para el estudio del módulo. Se trata de una estimación que se hace en el cuestionario de actitudes y expectativas en respuesta a la pregunta directa que se formula sobre el número de horas semanales que piensan invertir. La respuesta es un número de dos cifras, que es el valor que se da a esta variable.

Tal estimación debe valorarse con cautela por la fuerte incidencia de otros factores, incluidos los de personalidad, que no puede se pretendían controlar. Sin embargo, no deja de tener interés su consideración en el análisis que pudiera hacerse sobre las posibilidades de un programa de autoformación como el que es objeto de esta investigación.

Es interesante, en particular, la comparación de esta variable con la T1, que mide el tiempo real dedicado al programa de formación declarado por los participantes al final del proceso. En esta comparación debe tenerse en cuenta que aquí se trata del número de horas a la semana y la variable T1 mide el número total de horas.

PAR. Participación en la primera etapa

La participación de un mismo profesor en las dos etapas del proyecto tiene interés por dos motivos principalmente, cuyos efectos interfieren. Por una parte es un indicador de hasta qué punto la autoformación produce un cansancio que limita sus posibilidades o, al menos, su capacidad de extenderse. Por otra parte, es resultado de la satisfacción de los participantes en la primera etapa y, en consecuencia, refleja el mantenimiento de las expectativas en el programa.

Esta variable se ha codificado con 0 si no se ha participado en la primera etapa y con 1 en el caso de quienes repiten su participación.

FORO. Formación inicial declarada.

Salvo lo que se pudiera deducir de la titulación, es la primera de las variables que reflejan lo que los profesores participantes declaran en relación con su formación en el tema objeto del módulo correspondiente. La pregunta número 6 del cuestionario de actitudes y expectativas, a la que se refiere esta variable era, para cada uno de los dos módulos:

¿Qué formación sobre métodos de optimización diferentes del análisis has recibido antes de dedicarte a la enseñanza?

¿Qué formación sobre estadística has recibido antes de dedicarte a la enseñanza?

Las respuestas, en este caso alternativas y por consiguiente de respuesta única, estaban graduadas y han sido codificadas con cifras de 1 a 4 del modo que se describe a continuación:

- 1: Ninguna
- 2: Poca
- 3: Bastante
- 4: Mucha

Como se ve, las respuestas reflejan una valoración del profesor sobre su propia formación que está condicionada por otros varios factores y que es, por consiguiente, bastante subjetiva. No obstante, puede ser útil como valoración global de su formación, aun cuando deba tratarse con todas las cautelas necesarias.

FOR1 Y FOR2. Formación permanente

La formación permanente se recoge en estas dos variables, que han sido construidas a partir de las respuestas a la pregunta número 7 del cuestionario de actitudes y expectativas. La pregunta a la que responden los participantes es:

¿En qué actividades de formación permanente has participado en los últimos cinco años? Indica si estaban relacionadas con el contenido de este módulo.

Se pedía, además, que especificaran la duración de las actividades de formación y su relación con los contenidos del módulo. Esta información se ha reordenado en dos variables FOR1 y FOR2 que indican, respectivamente, las actividades de formación en general y las que tienen que ver con la optimización o la estadística.

La falta de criterios que sirvan para homologar las actividades de formación permanente ha obligado a considerar éstas en función de su duración. Así, en la codificación de las variables que se comentan se ha utilizado el criterio de asociar a esta variable un valor igual al número de cursos, incorporando además un peso mayor a los cursos de duración más larga. Esto es,

FOR1: Número de cursos cortos + Número de cursos de duración media x 2 + Número de cursos de larga duración x 4,

y de igual modo para la variable FOR2. Debe señalarse que esta clasificación de cursos se corresponde con la que se señalaba en el cuestionario y responde a la estructura usual de las actividades de formación organizadas habitualmente: Cursos de Actualización Científica y Didáctica (ACD) de tipo A, con unas 100 horas de dedicación; cursos ACD de tipo B, con unas 50 horas de duración, y cursos ACD de tipo C con unas 20 horas de duración.

La variable FOR1, al indicar las actividades de formación sobre cualquier tema, mide la disponibilidad del sujeto para la formación permanente y, en particular, para la asistencia a cursos convencionales de formación de profesores.

La variable FOR2, por el contrario, refleja la formación sobre el tema objeto de estudio, y tiene, por consiguiente importancia para el análisis de la incidencia de la formación previa sobre los resultados del programa de autoformación. Conviene destacar, por otra parte, que hay una diferencia importante entre los módulos de optimización y de estadística en relación con esta variable. Así, mientras que en el caso de la estadística los centros de formación de profesores y las universidades han ofrecido a lo largo de los últimos años un buen número de cursos de formación, no es ésta la situación de la optimización, para la que es menos frecuente la oferta de actividades de perfeccionamiento.

FOR3. Dominio previo de los contenidos del módulo.

La cuarta y última de las variables asociadas a la formación anterior al estudio de los materiales del proyecto, agrupa las respuestas a la pregunta número 8 del cuestionario de actitudes y expectativas. Se trata de conocer el grado de dominio de la optimización o la estadística por parte de los profesores participantes, independientemente de cuál haya sido su formación específica sobre el tema. La pregunta que se hacía era:

¿Sabes suficiente sobre optimización (o estadística no descriptiva) como para explicárselo a tus alumnos durante un mes sin demasiado trabajo previo?

Nótese que se trata aquí también de una apreciación subjetiva sobre el grado de dominio del tema, condicionada por factores intrínsecos al sujeto, por lo que su valoración debe matizarse adecuadamente.

Por otra parte, y principalmente en el caso de la optimización, cabe esperar que el desconocimiento de los aspectos que iban a tratarse en el módulo pudiera haber condicionado una parte importante de las respuestas. En este sentido, debe tenerse en cuenta que en el currículo habitual de la enseñanza secundaria, la optimización se asocia a técnicas analíticas de cálculo de extremos de funciones; por el contrario, el material preparado para el programa recoge otros aspectos del tema, en buena medida desconocidos para la mayor parte de los profesores.

3.2. Variables de opinión

OP11, OP12, OP13 Y OP14. Opinión sobre los contenidos del módulo.

La pregunta número 9 del cuestionario sobre actitudes y expectativas tenía como finalidad la de poner de manifiesto cuál es la opinión de los profesores, antes de haber estudiado el material, acerca de los contenidos objeto del mismo. Esta opinión se traduce en la valoración del grado de acuerdo con tres o cuatro proposiciones, sobre la presencia en el currículo de la optimización o de la estadística y sobre lo que aportan estos temas para la consolidación de un modo de pensar "matemático" en los alumnos de enseñanza media. Como medida de la importancia relativa que los profesores asignan a cada uno de los temas en el currículo se han utilizado algunas comparaciones con contenidos que siempre son muy valorados por los profesores de matemáticas.

Se pide la valoración de 0 a 5 del grado de acuerdo con las afirmaciones que se recogen a continuación, obviamente diferentes para cada uno de los dos módulos. En esta escala el valor 0 corresponde al desacuerdo total con lo afirmado y el valor 5 al acuerdo total.

Módulo de optimización:

Variable OP11. Grado de acuerdo con la afirmación: "Está bien que los profesores conozcamos otros métodos de optimización, pero en la enseñanza media se debe enseñar únicamente el cálculo de máximos y mínimos."

Variable OP12: Grado de acuerdo con la afirmación: "Es preferible que los estudiantes de enseñanza media se acerquen a la idea de optimización y conozcan las diferentes posibilidades que ofrecen las matemáticas para enfrentarse a ella, aun a costa de una menor habilidad en el cálculo."

Variable OP13. Grado de acuerdo con la afirmación: "Cuando se mezclan métodos que corresponden a diferentes áreas de las matemáticas, los estudiantes acaban con una confusión innecesaria."

Módulo de estadística.

Variable OP11. Grado de acuerdo con la afirmación: "La resolución de las situaciones y problemas que se plantean en estadística requiere una manera de pensar diferente de la que se utiliza habitualmente en otras partes de las matemáticas."

Variable OP12. Grado de acuerdo con la afirmación: "Los estudiantes de enseñanza media deben estudiar sobre todo análisis y geometría. La estadística y otros temas similares se aprenden casi solos cuando se sabe suficiente análisis."

Variable OP13. Grado de acuerdo con la afirmación: "Los contenidos de estadística en la enseñanza media deben ser tales que todos los estudiantes conozcan la estadística descriptiva y algunos avancen algo con la correlación o las distribuciones."

Variable OP14. Grado de acuerdo con la afirmación: "Es tan importante que los alumnos de Bachillerato no sepan nada sobre la distribución normal como que no sepan nada acerca del cálculo de primitivas."

OP21, OP22, OP23 Y OP24. Opinión final sobre los contenidos del módulo

Las cuestiones a las que se refieren las variables indicadas en el apartado anterior fueron formuladas de nuevo en el cuestionario de valoración global, con objeto de analizar si se había producido algún cambio en las actitudes hacia el tema objeto de estudio, así como si se había modificado la valoración

de los propios contenidos del tema. Las cuatro nuevas variables reflejan esta postura final, manifestada en respuesta a la pregunta número 7 del cuestionario de valoración global, y han sido codificadas del mismo modo que las anteriores.

Para cada una de las cuestiones, la variable OP2i refleja el grado de acuerdo, al final del proceso, con la cuestión i de las indicadas antes. Como las anteriores, estas variables toman valores entre 0 y 5.

VAL0. Valoración global del material.

Una vez estudiados los materiales en su totalidad, se pide a los participantes que hagan una valoración global de los textos. La pregunta es de respuesta cerrada con cinco alternativas que han sido codificadas del modo siguiente:

- 5: Muy bien.
- 4: Bien.
- 3: Normal.
- 2: Regular.
- 1: Mal.

VAL1, VAL2, VAL3, VAL4 Y VAL5. Actitud final.

Estas cinco variables reflejan las respuestas a la pregunta número 3 del cuestionario de valoración global. Esta pregunta pretende conocer el nivel de satisfacción de los sujetos con todo el proceso a través de cinco indicadores diferentes. Son de carácter subjetivo pero en conjunto muestran en qué medida el material ha conseguido mantener el interés y las ganas de aprender, así como convencer de que puede ser utilizado en las actividades docentes habituales. Estas cinco variables se combinan, del modo que se indica en el epígrafe sobre Variables Compuestas, para configurar una medida del grado de satisfacción.

Cada una de las variables se corresponde con una de las afirmaciones sobre las que deben mostrar los participantes su grado de acuerdo. A continuación se indica el sentido de cada una.

Variable VAL1. Grado de acuerdo con la afirmación: "Estoy dispuesto a utilizar en mis clases algo de lo que aparece en este módulo".

Variable VAL2. Grado de acuerdo con la afirmación: "Lo he pasado bien mientras estudiaba".

Variable VAL3. Grado de acuerdo con la afirmación: "Globalmente creo que he cubierto mis expectativas".

Variable VAL4. Grado de acuerdo con la afirmación: "Me han quedado ganas de saber más sobre este tema".

Variable VAL5. Grado de acuerdo con la afirmación: "He cambiado la idea que tenía sobre el tema y su utilidad".

Las respuestas en cada caso son la valoración de 1 a 4 del grado de acuerdo.

PROF. Valoración del grado de profundidad.

La pregunta número 2 del cuestionario de valoración global se centra en la consideración de la suficiencia, insuficiencia o exceso en la profundidad con que son tratados los distintos contenidos en los materiales de estudio. Se señalan a continuación las posibles respuestas y el modo en que han sido codificadas.

- 0: insuficiente.
- 1: adecuado.
- 2: excesivo.

FORMATO. Valoración del formato.

La valoración del formato y composición de los materiales, se lleva a cabo por medio de la pregunta número 4 del cuestionario de valoración global. Se trata de una pregunta prácticamente abierta, aunque se ha organizado la estructura de las respuestas para que pudiera ser tratada en su conjunto.

De acuerdo con el citado cuestionario, las posibles respuestas a la pregunta "El formato general te ha parecido:" y la codificación correspondiente han sido las siguientes:

- 1: Adecuado.
- 2: Eliminaría ...
- 3: Añadiría ...
- 4: Cambiaría ...
- 5: Dos o más de las respuestas anteriores.

3.3. Variables de lectura

Las variables de lectura tienen la finalidad de determinar en qué modo han sido estudiados los materiales, para conocer cuál puede ser la estructura más adecuada y, sobre todo, la posible incidencia de los diferentes modos en que pudieran haber sido leídos en los resultados posteriores. Entre las magnitudes estudiadas en relación con este aspecto cabe destacar las siguientes:

- El papel que han cumplido los problemas propuestos o, lo que es aproximadamente igual, el grado de actividad de los participantes durante la lectura del material.
- El tiempo dedicado al módulo completo y a cada uno de los bloques de que consta. Es interesante, en relación con esto, la comparación entre el tiempo que los participantes pretenden dedicar antes de recibir el material y el que posteriormente declaran haber dedicado.
- El grado en que los participantes han completado la lectura del material.
- El orden en que se han leído los bloques.

Aun cuando se han recogido datos en relación con estos aspectos, es de mayor interés, aparte de su mera descripción cuantitativa, el análisis cualitativo de estas magnitudes con la finalidad de establecer cuál es la estructura de los materiales, el tamaño, el formato y otras características del mismo tipo que pueden convertirlos en más útiles.

LEC1. Forma de lectura.

La primera de las variables de lectura se refiere al orden de lectura. En la introducción a cada uno de los materiales se señalaba que los diferentes bloques de cada uno de los módulos podían ser tratados de manera independiente. De acuerdo con ello, podría esperarse que hubiera habido lecturas del material en orden diferente al de su presentación. La pregunta 5 del cuestionario de valoración global recoge en tres categorías las distintas formas de lectura en cuanto al cambio en el orden establecido en el propio material. Se muestran a continuación las posibles respuestas y su codificación.

1: He leído todos los bloques en el mismo orden en que

aparecen en el material.

2: He cambiado ligeramente el orden.

3: He cambiado bastante el orden en la lectura.

4: Sin respuesta.

Debe notarse que se trata de una pregunta incluida en el cuestionario de valoración global y que, por consiguiente, se refiere a la lectura global del material. La información referida a cada uno de los bloques en particular se recoge en las guías de lectura que han entregado. Estas guías contienen cuestiones más precisas acerca de la postura más o menos activa del participante en la lectura del material, y que necesariamente han de analizarse en relación con el propio contenido de cada uno de los bloques.

LEC2. Bloques leídos

La segunda variable de lectura, que corresponde a las respuestas a la pregunta número 6 del cuestionario de valoración global, refleja la cantidad de bloques leídos. Se dan dos posibles respuestas codificadas con 1 ó 2.

1: He leído todos los bloques.

2: Me he dejado algún bloque sin leer.

T1. Tiempo dedicado al estudio del módulo

Las guías de lectura recogen la declaración de los sujetos sobre el tiempo dedicado a la lectura de cada bloque. Este dato, tratado de forma aislada, es sin duda el resultado de un conjunto de factores entre los que cabe destacar la propia estructura del bloque, su nivel de dificultad, la disponibilidad para su estudio y el grado de interés que ha despertado. Se puede, por tanto, utilizar para el análisis de alguno de estos factores en relación con cada uno de los bloques.

La suma de los valores declarados en cada una de las guías de lectura ofrece el tiempo total que el participante declara haber dedicado al estudio del material. Es un valor mucho menos contaminado, que proporciona una información relevante sobre la lectura de los materiales y puede también relacionarse con algunas otras variables. La medida de este tiempo de dedicación declarado es el valor de la variable T1. Sus valores son tiempos totales de dedicación en horas.

Para comparar T1 con la variable T0 hay que tener en cuenta

que en ésta última se expresa la dedicación semanal y que, por consiguiente, no son medidas homogéneas.

3.4. Variables de conocimientos

P0 Y P1. Resultados de las pruebas de conocimientos.

Los participantes han realizado dos pruebas de conocimientos de estructura prácticamente idéntica, cuyos resultados globales admiten la comparación sin reservas. Para el módulo de optimización, la prueba consiste en diez cuestiones que se valoran con puntuaciones de 0 a 4 cada una. El rango de estas dos variables está entre 0 y 40.

Las pruebas inicial y final del módulo de estadística constan de siete preguntas cada una, por lo que en este caso el rango está entre 0 y 28 puntos.

3.5. Variables compuestas

Además de las variables descritas hasta aquí, y que recogen datos obtenidos directamente, se han construido otras que combinan varias de ellas para obtener valores globales o medir los cambios producidos entre la situación inicial, en el momento de la entrega de los materiales, y la situación final, después de su lectura.

a) DIFCON, DIFCON2 y DIFCON3. Cambio en los conocimientos.

Como resultado de las pruebas que han debido realizar los sujetos, se tiene, para cada uno de ellos, la puntuación P0 correspondiente a la prueba previa y la puntuación P1 correspondiente a la prueba posterior. Se utilizan para la medida del cambio en los conocimientos la variable diferencia:

$$DIFCON = P1 - P0$$

que expresa la diferencia absoluta en las puntuaciones y, por tanto, la ganancia en los conocimientos. Esta variable puede tomar los siguientes valores:

Módulo de Optimización: $-40 \leq DIFCON \leq 40$

Módulo de Estadística: $-28 \leq DIFCON \leq 28$

Se analizan, además, otras dos variables que miden la diferencia entre las puntuaciones en relación con la situación inicial. La variable DIFCON2 mide la diferencia en relación con la puntuación inicial. Para evitar el punto singular $P_0=0$ se corrige el denominador de la relación:

$$DIFCON2 = (P_1 - P_0)/(P_0 + 1)$$

DIFCON2 toma valores entre -40 y 40 para el módulo de optimización y entre -28 y 28 para el de estadística. Esta variable refuerza la consideración de los sujetos que tienen un nivel bajo en la prueba inicial.

Por su parte, la variable DIFCON3 indica la diferencia en relación con lo ignorado:

$$DIFCON3 = (P_1 - P_0)/(M - P_0)$$

donde M es la puntuación máxima de la prueba: 40 para el módulo de Optimización y 28 para el módulo de Estadística. Esta tercera variable pretende averiguar la ganancia con respecto a lo que falta en la primera prueba para alcanzar la puntuación máxima. Esta variable toma valores en el intervalo $[-1, 1]$ y está definida en todos los casos porque la puntuación inicial en ningún caso es la máxima posible.

La gran similitud entre las pruebas inicial y final en cada uno de los dos módulos permite garantizar que las dos puntuaciones son comparables y, por consiguiente, que la diferencia entre ellas es una buena medida de la ganancia individual como resultado de la lectura y estudio del material.

b) A0, A1 y DIFAC. Cambio en la actitud hacia el tema

La cuantificación de la medida de la actitud se lleva a cabo por medio de la combinación de las respuestas dadas a una de las preguntas del cuestionario pasado en la sesión inicial y que se repiten en el cuestionario de valoración global. Se pide a los sujetos la valoración, de 0 a 5, de su grado de acuerdo con una serie de proposiciones relativas a la importancia relativa del tema que va a ser objeto de estudio con respecto a otros del currículo que de manera generalizada son muy bien valorados por los profesores.

Para el módulo de Optimización estas preguntas son las siguientes:

a. Está bien que los profesores conozcamos otros métodos de optimización, pero en la enseñanza media se debe enseñar únicamente el cálculo de máximos y mínimos.

b. Es preferible que los estudiantes de enseñanza media se acerquen a la idea de optimización y conozcan las diferentes posibilidades que ofrecen las matemáticas para enfrentarse a ella, aun a costa de una menor habilidad en el cálculo.

c. Cuando se mezclan métodos que corresponden a diferentes áreas de las matemáticas, los estudiantes acaban con una confusión innecesaria.

Estas proposiciones se refieren a algunos de los objetivos que pretende la experiencia. Se compara en las dos primeras la Optimización tratada de manera global con la técnica de optimización más presente en los currículos de matemáticas de enseñanza media, el cálculo de extremos relativos de funciones, y con la habilidad de cálculo en general. Una y otra cosa representan aspectos con una muy alta valoración por parte de los profesores. En cuanto a la tercera frase, aun cuando pide una opinión más general, su presencia en este contexto remite inevitablemente a la conveniencia de ampliar el campo de actuación a un tema o unas técnicas nuevas, la optimización tomada en general, para enfrentarse a problemas para los que en el currículo existen ya otras técnicas de resolución.

La formulación en positivo o negativo de estas proposiciones obligan a hacer una transformación con las valoraciones. En particular, y para el módulo de Optimización, las variables que pretenden medir la actitud hacia el tema en cada momento son las siguientes:

a) Actitud inicial:

$$A0 = 10 - OP11 + OP12 - OP13$$

b) Actitud final :

$$A1 = 10 - OP21 + OP22 - OP23$$

Donde OP_{ij} es la valoración dada por el sujeto a su grado de acuerdo con la proposición j en la prueba inicial ($i=1$) y en la prueba final ($i=2$).

La diferencia entre estas dos variables para cada uno de los

sujetos es, entonces, la medida del posible cambio en la actitud hacia el tema:

$$\text{DIFAC} = A1 - A0$$

El rango en el que se mueven los valores de cada una de las variables A0 y A1 es el intervalo [0,15], por lo que la variable DIFAC tomará valores enteros entre -15 y 15.

A los sujetos que van a estudiar el módulo de Estadística se les pide que valores su acuerdo con las siguientes frases:

a. *La resolución de las situaciones y problemas que se plantean en estadística requiere una manera de pensar diferente de la que se utiliza habitualmente en otras partes de las matemáticas.*

b. *Los estudiantes de enseñanza media deben estudiar sobre todo análisis y geometría. La estadística y otros temas similares se aprenden casi solos cuando se sabe suficiente análisis.*

c. *Los contenidos de estadística en la enseñanza media deben ser tales que todos los estudiantes conozcan la estadística descriptiva y algunos avancen algo con la correlación o las distribuciones.*

d. *Es tan importante que los alumnos de Bachillerato no sepan nada sobre la distribución normal como que no sepan nada acerca del cálculo de primitivas.*

A diferencia del módulo de Optimización en el que, al menos en parte, entran en juego técnicas y conceptos bien considerados por los profesores de matemáticas y respecto a los que tienen una formación inicial aceptable, el de Estadística corresponde a una parte del currículo de matemáticas poco valorada. En las proposiciones b) y d) anteriores se pide a los sujetos su comparación con otros temas de mejor consideración, el análisis y la geometría, en un caso globalmente y en el otro a través de la elección del tema al que, en su caso, habría que renunciar.

Las proposiciones a) y c) pretenden, por el contrario, una valoración independiente de la Estadística en el currículo. La primera de ellas a través de lo que puede aportar en cuanto a la formación del pensamiento matemático; la segunda por medio de la amplitud que debe alcanzar su estudio.

Como en el caso anterior, la formulación de estas

proposiciones se hace en positivo o en negativo, lo que obliga a hacer una transformación con las valoraciones. Las variables que miden la actitud hacia el tema en cada momento son las siguiente:

a) Actitud inicial:

$$A0 = 10 + OP11 - OP12 - OP13 + OP14$$

b) Actitud final:

$$A1 = 10 + OP21 - OP22 - OP23 + OP24$$

Donde, como en el caso anterior, OP_{ij} es la valoración dada por el sujeto a su grado de acuerdo con la proposición j en la prueba inicial ($i=1$) y en la prueba final ($i=2$).

La medida del posible cambio en la actitud hacia el tema es, también,

$$DIFAC = A1 - A0$$

Para el módulo de Estadística el rango en el que se mueven los valores de cada una de las variables $A0$ y $A1$ es el intervalo $[0,20]$, por lo que la variable $DIFAC$ tomará valores enteros entre -20 y 20 .

c) SAT. Grado de satisfacción producida

Para la medida de la eficacia del método de formación, se ha considerado interesante tratar de conocer el grado de satisfacción que ha producido en los sujetos su participación. Para vencer la subjetividad y dependencia que una pregunta directa hubiera producido, este grado de satisfacción se mide por medio de la composición de las respuestas dadas por cada sujeto a una petición de valoración del grado de adecuación de una serie de proposiciones con la situación personal de cada uno. De cada una de ellas se pedía una puntuación de 1 a 4.

Las proposiciones de las que se pedía esta valoración eran las siguientes:

a) *Estoy dispuesto a utilizar en mis clases algo de lo que aparece en este módulo.*

b) *Lo he pasado bien mientras estudiaba.*

- c) Globalmente creo que he cubierto mis expectativas.
- d) Me han quedado ganas de saber más sobre este tema.
- e) He cambiado la idea que tenía sobre el tema y su utilidad.

Puede apreciarse que a través de estas proposiciones, y por consiguiente dentro del concepto de "Grado de satisfacción", pretende recogerse, de modo conjunto, la disposición que ha producido la lectura o estudio del tema en el sujeto, tanto en cuanto al interés personal por el tema, como en cuanto a su interés por aplicarlo en el aula, el grado de disfrute producido, el cumplimiento de la idea que se tenía inicialmente sobre los beneficios de la participación y la percepción del tema objeto de estudio.

El grado de satisfacción se pretende entonces medir a través de la variable suma de las valoraciones dadas por el sujeto a cada una de ellas (VALj):

$$SAT = VAL1 + VAL2 + VAL3 + VAL4 + VAL5$$

Esta variable toma valores entre SAT = 5, que correspondería a una decepción máxima con la participación y, por consiguiente, a un individuo no dispuesto, en ningún caso a repetir la experiencia, y un valor máximo de SAT = 20, correspondiente a un sujeto entusiasta, que utilizará lo aprendido y dispuesto, con seguridad, a repetir la experiencia.

d) FORT. Formación global.

Para facilitar las correlaciones se ha construido una variable que recoge parte de la información de la que se dispone acerca de la formación inicial sobre los contenidos que van a ser posteriormente estudiados. En particular se consideran las variables FOR0 y FOR3, que reflejan la idea que tiene cada sujeto sobre su formación en dichos contenidos y la seguridad con que se mueve en ellos. La subjetividad inherente a cada una de ellas se compensa en alguna medida con su combinación.

Las dos variables señaladas tienen un rango diferente, por lo que es necesario introducir un factor corrector que equilibre su peso en la variable FORT. Así pues, esta última se calcula del modo siguiente:

$$FORT = FOR0 + 5 * FOR3$$

Esta expresión da como resultado una variable con rango entre 0 y 10.

4. Técnicas de tratamiento de los datos.

4.1 Técnicas de análisis descriptivo de los datos.

Se ha llevado a cabo un análisis de los datos de carácter descriptivo, para el que se utilizó el paquete estadístico BMDP, cuyos resultados se incluyen en los anexos 13 (Optimización) y 15 (Estadística). Para determinadas variables se ha llevado a cabo, además, un test de significatividad; los resultados de esta prueba aparecen en los anexos 14 (Optimización) y 16 (Estadística). A partir de la información de carácter cuantitativo se ha procedido a analizar los resultados y obtener las conclusiones que se detallan en los capítulos siguientes.

4.2. Cálculo de correlaciones

Además del análisis de las respuestas, descrito en los epígrafes anteriores, se pretende valorar la influencia que determinados factores han podido tener en ellas. Los resultados de este análisis deben valorarse con cuidado por cuanto el número de sujetos no siempre permite inducir con suficiente garantía que lo que se obtenga sea generalizable.

Aparte de la influencia mutua que pudieran tener las variables descritas más arriba, entre las variables que, a priori, parece que podrían tener incidencia en los resultados cabe destacar las siguientes:

a) La formación de los sujetos en relación con el tema, tanto inicial, previa al ejercicio profesional, como permanente, a través de actividades normalmente dirigidas a profesores. Los datos sobre la formación de los participantes en el tema en cuestión se obtienen mediante su propia declaración en la encuesta inicial.

b) El tiempo dedicado al estudio del tema. Este dato se ha obtenido mediante la declaración de los participantes en las hojas de lectura. Al tratarse de una declaración realizada para cada bloque y, por consiguiente, con estimaciones del orden de unas pocas horas, cabe esperar que el efecto de la subjetividad de la declaración no sea muy grande.

5. Instrumentos de valoración de los materiales

Indudablemente, el análisis que se haga de los materiales será tanto más rico en la medida en que se obtenga información más pormenorizada acerca de las características que los han hecho más útiles, han facilitado su estudio o, por el contrario, han introducido dificultades añadidas a las inherentes a un material de autoformación.

Es por ello conveniente llevar a cabo un análisis detallado de las respuestas obtenidas a los ítem incluidos en las guías de lectura, que proporcionan una información muy completa sobre múltiples aspectos del formato y diseño de los materiales. Este análisis fino debe tener fundamentalmente dos objetivos: en primer lugar, como se indicaba antes, la detección de los aspectos que han podido influir en los resultados obtenidos con la lectura de este material y, en segundo lugar, la recopilación de información que dará lugar a la remodelación de aquellos aspectos que hayan planteado problemas a los participantes y que, por consiguiente, pudieran influir en su uso posterior fuera de la experimentación.

El análisis de los materiales se hace básicamente a través de las respuestas a las guías de lectura que los participantes han rellenado y entregado.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS DE LA INVESTIGACION

1. Los participantes en el programa
 - 1.1 Perfil de los participantes
 - 1.2 Motivos para participar
 2. Cómo se han estudiado los materiales
 - 2.1 Tiempo invertido
 - 2.2 Formas de estudio global de cada módulo de formación
 - 2.3 Formas de estudio de cada bloque
 3. Análisis de las guías de lectura
 - 3.1 Material de optimización
 - 3.2 Material de estadística
 4. Eficacia formativa de los materiales
 - 4.1 Mejoría en los conocimientos
 - 4.2 Factores que pudieran haber influido
 5. Satisfacción con la participación
-

1. Los participantes en el programa

1.1 Perfil de los participantes

Las respuestas al cuestionario inicial de actitudes y expectativas nos permiten delimitar las características personales y profesionales de los participantes, conocer cuáles han sido los motivos por los que se han embarcado en un programa de formación de esta naturaleza y, a partir de esta información, tratar de inferir la aplicabilidad de este programa en situaciones futuras.

El modo en que se han recogido y tratado los datos proporciona información sobre los participantes que han completado el programa. Sin embargo no nos es posible una descripción detallada de quienes lo iniciaron y tuvieron que abandonarlo por cualquier motivo. Esta limitación, no obstante, se ve paliada por la información recogida a través de otras vías y por el análisis de las circunstancias en que se produce la participación.

Debe hacerse notar, en primer lugar, que no parece haber diferencias entre los participantes en cada uno de los módulos de que constaba la investigación, salvo en lo que se refiere a

la formación inicial que han recibido sobre el tema. De hecho, una parte de quienes han llevado a término su participación han estudiado más de un módulo. En cualquier caso, esta ausencia de diferencias justifica un tratamiento global de la descripción que se hace en este epígrafe.

La totalidad de los participantes son profesores de matemáticas que actúan, en principio, en todos los niveles educativos. A la convocatoria realizada para el primer módulo, el de geometría, acuden varios profesores de EGB, de los que solo uno llega a completar su participación. En la segunda etapa, en parte por el modo como se lleva a cabo la convocatoria a la vista de ese resultado, únicamente se presentan profesores de las diferentes modalidades de enseñanzas medias: bachillerato, educación secundaria y formación profesional, junto con dos profesores universitarios.

La formación inicial, expresada en términos de cuáles han sido sus estudios universitarios, refleja la situación del profesorado de matemáticas de enseñanza secundaria. Una gran mayoría, alrededor del 80%, son licenciados en matemáticas. El resto son casi en su totalidad licenciados en física. Se dan también algunos casos aislados de ingenieros o con licenciaturas diferentes que, en general, no terminan el programa.

Un dato importante en el análisis del perfil de los participantes lo constituye la respuesta a la pregunta de en qué momento de la vida profesional de los profesores se embarcan en una actividad de formación como ésta. Para obtener información sobre este aspecto, tenemos las respuestas a las preguntas sobre edad, año en que finalizaron los estudios principales y años de experiencia. La fuerte relación que existe entre estas tres variables se ve reflejada también en resultados muy similares.

La edad de los participantes se mueve entre los 26 y los 51 años, con la mediana en los 34 años. La distribución de edades de los participantes en este proyecto está desplazada con respecto a la de los profesores de enseñanza secundaria y universitaria, que se sitúa próxima a los 40 años. Esto supone una participación bastante joven, ya que la edad media es de 35 años, varios años menor que la edad media del colectivo de profesores de enseñanza media. La distribución del año de finalización de estudios es muy similar a la edad de los participantes.

Los años de experiencia declarados reflejan en buena medida la edad de los participantes, si bien con algunas pequeñas diferencias. Se encuentran en un rango de entre 2 y 26 años en el módulo de estadística y entre 4 y 23 en el de optimización, con valores medios de 10,5 y 9,88 respectivamente. Su distribución es menos simétrica que la de la edad, desplazándose hacia valores menores, lo que puede explicarse con la hipótesis de que la falta de experiencia es un motivo importante para la participación.

Del análisis de estos tres datos, edad, años de experiencia y año de finalización de estudios, se pueden obtener algunas consecuencias claras sobre el perfil de los participantes. En primer lugar, es claro que hay un límite superior por encima del cual los profesores difícilmente se embarcan en un programa de formación de esta naturaleza. Este límite se podría situar en los 50 años de edad y 25 de experiencia. No existe, sin embargo, un límite inferior tan claro, sobre todo en lo que se refiere a la experiencia. En segundo lugar, hay una participación de cierta importancia de profesores de más de 34 años, con una experiencia de alrededor de los diez años. Por último, debe señalarse la ausencia de diferencias significativas entre los participantes en cada uno de los módulos.

Las diferencias señaladas en relación con el contenido de cada uno de los módulos y su relación con la formación inicial y la experiencia docente de los profesores de matemáticas se reflejan claramente en la formación que declaran sobre cada uno de ellos. Así, a la pregunta directa de cuál es la formación recibida antes de ser profesor, debe suponerse que en sus estudios universitarios, las respuestas son:

	Geometría		Optimización		Estadística	
Ninguna	1	2%	1	4%	3	12%
Poca	35	76%	9	36%	15	63%
Bastante	7	15%	11	44%	5	21%
Mucha	0	0%	4	16%	1	4%
No contestan	3	7%	0	0%	0	0%

Las diferencias entre los contenidos de los módulos se reflejan también en las actividades de formación relacionadas con

el tema a las que han asistido los participantes. Si bien es cierto que en todos los casos hay un número importante de sujetos que no han seguido ninguna, esta tendencia es mucho más marcada en el caso de optimización. Este resultado es consecuencia de dos causas muy relacionadas entre sí: la mayor inseguridad de los profesores de matemáticas en relación con los contenidos de estadística y de geometría, cuyo peso, además, se ha visto incrementado en las sucesivas modificaciones de los planes de estudios, y la mayor oferta de actividades de formación sobre estos contenidos. De hecho, no ha sido fácil para la mayor parte de los profesores acudir a cursos de formación con contenidos relacionados con el módulo de optimización, ni con el análisis matemático en general.

La seguridad con la que los profesores se mueven con cada uno de los módulos, y el dominio de sus contenidos, refleja también las diferencias entre ellos. A la pregunta de hasta qué punto se sienten capaces de enseñar durante un mes los contenidos del módulo las respuestas son:

	Geometría	Optimización	Estadística
Sí	15 33%	13 52%	17 71%
No	31 67%	11 44%	6 25%
No contestan	0 0%	1 4%	1 4%

1.2. Motivos para participar

Una vez definido el perfil de los participantes, interesa conocer qué les ha llevado en mayor medida a embarcarse en una actividad de formación de estas características y, muy relacionado con ello, qué esperan conseguir con su participación. Domina, en general, la tendencia a participar porque es una buena ocasión para actualizar mis conocimientos sin tener que asistir a actividades programadas. La mayor parte de los sujetos valoran por encima de otras razones la libertad de la que disponen para organizar su participación, frente a la rigidez inherente a un curso a cuyas sesiones, en horario fijo, deben asistir de forma obligada. Esta postura es compartida por el 67% de los participantes en los módulos de geometría y estadística y el 84% de quienes ha seguido el de optimización.

Lo peculiar de la convocatoria, que sin duda no es habitual entre las que se refieren a formación de profesores, es el segundo motivo para la participación, aunque con bastante

diferencia con respecto al primero: el 24% de quienes realizan el módulo de optimización, el 8% en estadística y el 32% en geometría. Nótese que el módulo de geometría se propuso el primer año, mientras que a los otros dos acudieron sujetos que ya lo habían seguido, por lo que había perdido la novedad para ellos.

Aun cuando no se trata propiamente de un motivo para participar sino más bien de un estímulo, algunos participantes manifiestan también que les ha llevado a seguir el programa de formación el hecho de que participaran compañeros. Son, sin embargo, bastantes menos. Esta postura se da más en el módulo de geometría, el 22%, probablemente porque en ese caso se propuso la participación colectiva como una de las posibles modalidades para seguir el programa de formación. En el de optimización se da en el 16% de los casos y en estadística en el 4%.

Alrededor de la tercera parte de los sujetos manifiestan otros motivos diferentes de los señalados. Su dispersión, sin embargo, los hace poco significativos. Entre ellos, y aunque expresados de diferentes maneras, cabe destacar, en primer lugar, quienes resaltan que participan por colaborar con el proyecto. Otros indican, expresándolo de diferentes maneras, que desean aprender cosas sobre el tema: actualizar sus conocimientos, conseguir ideas nuevas, por el propio interés de la materia, etc.

Esta manifestación explícita de los motivos que tienen los sujetos para participar debe analizarse junto con las expectativas que declaran. Se trataba de averiguar si la dirección principal de esas expectativas estaba en los propios contenidos matemáticos del tema, en sus aspectos didácticos o en el material de estudio, en el que, por otra parte, pueden conseguirse ambas cosas. En la mayor parte de los casos se manifiesta la esperanza de alcanzar varios de estos objetivos. La postura que más se repite, quizá precisamente por ser la que integra en cierto modo a las otras dos, es la de quienes desean conocer el material con la esperanza de utilizar al menos una parte con sus alumnos. El 84%, en optimización, y el 87%, en estadística, señalan esta postura.

Las respuestas más "puras", esto es, quienes manifiestan que desean saber más, o bien conseguir ideas para enseñarlo, se mueven casi siempre en cifras algo superiores al 60%. Algunas diferencias que se aprecian entre los tres módulos tienen cierto interés porque reflejan la diversidad en el modo en que los profesores se enfrentan a cada uno de los temas que son tratados en cada uno de ellos. Así, por ejemplo, el porcentaje indicado

baja, hasta el 30%, en el módulo de geometría, para quienes desean saber más sobre el tema. Los profesores consideran, en general, que saben suficiente para enseñar geometría pero carecen de referencias para enseñarla. Y sube hasta el 80%, por el contrario, entre quienes desean conseguir ideas para enseñar contenidos de optimización.

Es interesante señalar que se aprecia, en términos globales, una mayor incidencia de motivaciones relacionadas con la necesidad de enseñar los contenidos del tema, con lo didáctico, en detrimento del puro deseo de saber más. Se trata, en cierto modo, de una participación más profesional que personal, aun cuando es muy notoria la presencia de quienes desean simplemente saber más sobre el tema.

En el perfil que se ha indicado, y en los propios resultados obtenidos, pueden haber influido algunas condiciones en las que se llevó a cabo el programa. Entre ellos merece algún comentario el modo en que se realizó la convocatoria y el período de tiempo en que se desarrolla la participación de los profesores.

En lo que concierne a la convocatoria, se hace por correo dirigido a los centros de trabajo, con una información superficial, consecuencia del modo de convocar, y citando a los profesores en un lugar de acceso poco cómodo para muchos de ellos. Estas circunstancias pueden hacer pensar que quienes acuden lo hacen con una disposición favorable que puede haber facilitado en buena medida el éxito del programa.

Por el contrario, las fechas en que se desarrolla han podido generar un efecto inverso. Aun cuando la convocatoria se lleva a cabo en el mes de marzo y la primera reunión en abril, el tiempo real de estudio coincide con fechas en las que los profesores están sometidos a una presión de trabajo considerable, por estar próxima la finalización del curso. El régimen de estudio autónomo lleva a un buen número de participantes a posponer el estudio hasta la última parte del período del que disponían y sin duda ha ocasionado bastantes abandonos.

2. Cómo se han estudiado los materiales

2.1 Tiempo invertido

El tiempo total que los participantes han declarado haber dedicado al estudio del bloque difiere para cada uno de los

módulos. En el de geometría no es una medida significativa ya que se indicó inicialmente que no era necesaria la lectura de todos los bloques, por lo que únicamente puede ser comparado el tiempo dedicado a cada bloque por los participantes que lo han estudiado. En los otros dos módulos se dan diferencias, principalmente en la distribución de los tiempos dedicados, y algunas similitudes que conviene analizar detalladamente.

Para el módulo de estadística el tiempo invertido tiene un valor medio de 20,32 horas y sus valores se mueven entre un mínimo de 2,5 a un máximo de 41 horas. La mayor dificultad que los profesores participantes han encontrado en el módulo de optimización, que será analizada más adelante, se refleja también en el tiempo que han destinado a su estudio. Así, en este caso el valor medio es de 24,80 horas y los valores máximo y mínimo son, respectivamente, de 6,7 y 55 horas. Es notoria, en los dos casos, la elevada dispersión de los valores, que se refleja en desviaciones típicas de 11,02 en estadística y de 12,97 en optimización. Detrás de esta elevada dispersión está, probablemente, el hecho de que el tiempo realmente invertido dependa de un conjunto de factores, entre los que tienen especial incidencia aspectos personales, que no pueden ser valorados en este estudio, junto con otros de carácter profesional. En todo caso, se puede deducir una variabilidad grande en cuanto a la implicación de los sujetos en el estudio del módulo.

Otro aspecto digno de ser destacado es la propia distribución de los valores. En los dos casos se dan unos cuantos valores notablemente por encima del resto. También en los dos casos hay unos pocos sujetos que dedican al estudio del módulo un cantidad de tiempo superior en más de diez horas a los valores mayores del resto. Frente a esta similitud, se aprecia en la distribución de los tiempos de dedicación en el módulo de optimización un fenómeno que refuerza la idea de que ha resultado de mayor dificultad y que refleja la forma en que algunos participantes se han enfrentado a esta dificultad. Mientras la distribución en el de estadística es próxima a la normal, salvo los casos aislados que se indicaban antes, notablemente superiores al resto, en optimización aparece una distribución casi bimodal, con un conjunto importante de valores bajos, que se superpone a otros distribuidos, estos sí, como una normal.

No puede hacerse una comparación directa entre el tiempo realmente dedicado y el tiempo previsto al inicio del programa, por tratarse éste de una estimación semanal. Los participantes declararon antes de comenzar el estudio de los materiales que

estaban dispuestos a dedicar alrededor de 5 horas semanales, sin diferencias significativas entre el módulo de estadística y el de optimización. La distribución de los valores es muy similar a la que se obtiene en cada caso para el tiempo realmente dedicado. Sin embargo la dispersión es bastante menor. Sí que es posible, por el contrario, comparar el tiempo previsto y el tiempo dedicado a través de la correlación entre estas dos variables. Los valores de la correlación son de 0,3182 para el módulo de optimización y de 0,3789 para el de estadística. Como se ve, se da una cierta correlación pero dentro de unos límites discretos. El valor menor de esta correlación para el módulo de optimización está probablemente relacionado con el hecho de que los participantes encontraron un nivel de dificultad mayor del que esperaban, lo que hizo actuar a muchos de forma diferente a como habían previsto.

La ausencia de correlación entre el tiempo previsto y otras variables que describen las características de los participantes hace pensar que la disponibilidad de los sujetos no depende de factores profesionales: momento de su trayectoria profesional o formación sobre el tema que declaran, sino, quizá, de cuestiones más personales, tales como su disposición a dedicar tiempo a algo que no es el trabajo inmediato ni el ocio. Hay que señalar, por último, que tampoco se dan correlaciones significativas entre el tiempo realmente dedicado y la formación inicial sobre el tema que es objeto de estudio.

2.2 Formas de estudio global de cada módulo de formación

En la segunda etapa del programa, módulos de optimización y estadística, se aconsejó a los participantes la lectura y estudio de todo el texto, dando, al mismo tiempo, libertad completa en cuanto al orden en el que debía ser leído. La introducción de los materiales indicaba que:

La forma en que conviene leer este trabajo depende de la preparación y de los gustos del profesor que lo utilice, pero, en cualquier caso, la secuencia no necesariamente ha de ser lineal. Algunos bloques se pasarán de largo (por triviales, por difíciles o porque se prefiere dejar su lectura para más adelante). Otros bloques sugieren un trabajo que, acaso, incite al lector a ir "más allá". En fin, pretende ser una propuesta de "trabajo a la carta" para que cada usuario elija un menú a su gusto.

A pesar de esta consideración inicial, los profesores participantes han estudiado los materiales "mayoritariamente" en el mismo orden en que se proponían. El 54% de quienes han participado en estadística y el 80% de aquellos que han leído el de optimización siguen exactamente el mismo orden de los materiales. Quienes se desvían de este orden, lo hacen casi siempre sólo ligeramente: el 25% en estadística y el 20% en optimización.

Estos resultados se reflejan, con cifras muy parecidas, al estudiar quiénes han completado la lectura del módulo. En los dos casos, más de las tres cuartas partes de los participantes han completado su lectura. Las guías de lectura reflejan que los bloques no leídos son siempre los mismos: el último bloque del módulo de estadística y los tres últimos bloques, y especialmente el décimo, del módulo de optimización.

2.3 Formas de estudio de cada bloque

Esta misma constancia en la lectura de los materiales se encuentra al analizar la forma en que son leídos cada uno de los bloques de los que consta el módulo correspondiente. Quienes leen todo el material representan, según los bloques, entre el 85 y el 100% de los participantes en estadística y entre el 73 y el 100% en optimización.

Se produce, por otra parte, una diferencia importante entre estos dos módulos en cuanto a la forma en que son leídos. Los porcentajes de respuestas a la pregunta de qué ejercicios intenta resolver son los siguientes en el módulo de optimización:

Bloque	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
Intenta todo	58,3	95,7	84	76	80	60,9	63,6	44	60	56,3	73,3
Intenta parte	16,7	4,3	8	16	4	21,7	18,2	44	25	12,5	6,7
No intenta nada	25	0	8	8	16	17,4	18,2	12	15	31,3	20

En estadística, por el contrario, en todos los bloques salvo el sexto la lectura va acompañada, además, del intento de resolución de todos los ejercicios que se proponen entre el 80 y el 90% de los casos.

Esta diferencia en el comportamiento de los participantes

en cuanto a la forma en que son leídos los bloques puede explicarse, en parte, por la conjunción de varios factores. Entre ellos cabe destacar las diferencias en el contenido y el volumen del material que debía ser estudiado, que pueden haber producido un cansancio en optimización que no se da en el mismo grado en estadística. Refuerza esta idea el hecho de que, al avanzar en la lectura del material, en ambos módulos aumentan, aunque de forma irregular, el número de participantes que no intentan resolver ninguno de los ejercicios propuestos.

Debe señalarse que las cifras que aparecen en el cuadro anterior referidas al bloque 1° de optimización, que no siguen la tónica del resto, reflejan que por un número importante de participantes pueden haberse considerado triviales y no necesarios para proseguir la lectura con aprovechamiento.

Los datos no son tan contundentes cuando se refieren a la estrategia de lectura y resolución de ejercicios. Mayoritariamente los participantes resuelven los ejercicios a la vez que leen los contenidos del bloque. Sin embargo, entre el 10% y el 30% leen primero todo el bloque y después se enfrentan a la resolución de los ejercicios. Las diferencias entre los distintos bloques se explican normalmente por la mayor o menor dificultad de seguir el hilo del texto sin haber resuelto los ejercicios correspondientes.

3. Análisis de las guías de lectura

Las guías de lectura que los participantes completaron para cada uno de los bloques han permitido conocer no sólo la forma en que se han leído y el tiempo empleado, cuestiones ambas que se han comentado más arriba. Hacen posible también saber la opinión que ha merecido el material, concretada para cada uno de los bloques de cada uno de los módulos. En este apartado se describen los rasgos generales de dicha opinión.

3.1. Material de Optimización.

Los participantes se expresan primero sobre las características globales del bloque: si lo consideran completo, razonablemente conectado con el resto de los bloques y con una estructura adecuada. Las opiniones son casi siempre positivas en las tres cuestiones. En relación con el grado de completitud, el juicio está sin duda condicionado por multitud de factores, entre los que cabe destacar los conocimientos sobre el tema que tiene

el lector, lo que prevé que encontrará al comienzo de la lectura y la propia dificultad del bloque. Así, se responde en muchos casos con matizaciones que indican lo que el lector hubiera querido encontrar y no ha visto. Por otra parte, los bloques que han resultado de mayor dificultad, el 6° y el 10°, se consideran también los más incompletos, junto al primero, que presentaba una panorámica general del contenido del módulo. En este caso las carencias parecen deberse más bien al hecho de que las diferentes cuestiones presentadas se sugerían para ser tratadas con posterioridad en otros bloques.

En cualquier caso, y salvo las dos excepciones citadas, quienes consideran completos los diferentes bloques, con o sin matices, supera el 80% de los participantes.

Las posturas en relación con la conexión entre cada uno de los bloques y el resto son más rotundas. Son anecdóticas las respuestas negativas y sólo se indican algunos matices a las respuestas en algunos bloques, siendo más significativas en el 6° y el 11°. Se trata de una pregunta difícil de contestar, entre otras razones por la lectura secuencial de los materiales, y también difícil de valorar por la gran cantidad de factores que pueden influir en la respuesta. Se puede destacar, a pesar de ello, que vuelve a salirse de la norma el bloque sexto, que parece haber desconcertado a los participantes.

La misma tónica siguen las opiniones en cuanto a la estructura de los bloques, favorables por encima del 80% en todos ellos, salvo el 6° y el 10° en los que, sin haber un número destacable de respuestas negativas, si aparecen alrededor de la tercera parte de opiniones matizadas con sugerencias de modificación.

La opinión acerca de los ejercicios es especialmente importante para poder establecer conclusiones en relación con la adecuación del material a la finalidad para la que está concebido. Por esta razón se incluían varias preguntas acerca de ellos. El resumen de las respuestas es el siguiente. La selección de ejercicios se considera adecuada por la inmensa mayoría, con algunos comentarios adicionales en el bloque 6°, formulados por el 13%, y los bloques 10° y 11°, realizados por el 19%. Opinión parecida merece la secuencia con la que son presentados en la que las pequeñas discrepancias son aún menores, y concentradas en el bloque 5° (el 14%) y en el 10° (el 12%).

Se presentan, por el contrario, desacuerdos mucho mayores

cuando se trata de juzgar si el grado de dificultad de los ejercicios es el adecuado. Debe hacerse notar, en primer lugar, que la forma en la que se hace la pregunta no permite conocer si cuando el participante dice que no es adecuado lo considera excesivo o insuficiente, cuestión ésta que sólo puede conjeturarse indirectamente, a través de otras respuestas. Consideran no adecuado el grado de dificultad de los ejercicios el 24% de los lectores en el bloque 3°, el 39% en el bloque 5° el 58% en el bloque 6° y el 62% en el bloque 10°. Vuelven a destacarse aquí los bloques 6° y 10° en los que parece haberse encontrado un nivel de dificultad quizá excesivo.

Las orientaciones que se dan en el material para la resolución de los ejercicios y la propia solución que se proporciona de ellos es objeto de otras dos preguntas. Los resultados reflejan una fuerte relación con los indicados antes en relación con el grado de dificultad. En aquellos bloques en los que se ha encontrado un grado de dificultad mayor también se presentan objeciones a las orientaciones, debe suponerse que por considerarlas insuficientes y a la misma solución, que en muchos casos se reducía al resultado final.

La valoración de 1 a 5 de la amenidad del material, la utilidad que se le ve, el interés despertado y el grado de dificultad se presenta en la siguiente tabla para cada uno de los bloques. Se indican los valores medios de las respuestas.

Bloque	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°
Amenidad	4,13	4,04	3,92	4,12	3,36	3,00	3,38	3,88	3,52	3,57	4,00
Utilidad	3,36	3,56	2,64	3,08	2,14	2,59	2,85	4,12	2,07	2,22	3,06
Interés	3,88	3,79	3,65	3,62	3,44	3,65	3,32	3,00	3,45	3,40	3,79
Dificultad	2,16	2,40	3,08	2,85	3,38	3,56	2,96	2,04	3,19	3,89	2,75

Los participantes han considerado los materiales de lectura amena en todos los bloques. La puntuación media de menor valor son los 3 puntos asignados al bloque 6°. En cuatro bloques se obtienen puntuaciones medias por encima de cuatro puntos. El grado de utilidad que han asignado a cada bloque es muy variable

y responde, en gran medida, a la presencia en el currículo actual de los diferentes temas tratados en cada uno de los bloques. Debe señalarse, además que las valoraciones asignadas a la utilidad para el aula presentan una dispersión considerablemente mayor que el resto de las variables.

Sí que es considerablemente homogénea, por el contrario, la valoración del interés que han despertado los distintos bloques. Las puntuaciones medias obtenidas en este apartado están entre lo 3 y los 3,88 puntos.

Por último, para la valoración del grado de dificultad debe tenerse en cuenta que, a diferencia de los otros tres aspectos, el resultado óptimo ha de considerarse el valor intermedio, que refleja que el bloque no ha pecado de excesiva dificultad ni ha sido más fácil de lo adecuado. La tabla refleja un grado de dificultad relativamente variable entre los diferentes bloques. Destacan, entre los considerados fáciles, los bloques 1° y 8° y entre los que se ven con mayor dificultad, el Bloque 6° y, sobre todo, el 10°. Estos datos deben ser completados, además con la valoración de las desviaciones típicas, en todos los casos considerablemente menores que los correspondientes a las preguntas anteriores.

3.2 Material de Estadística

Como en el módulo anterior, los participantes que han estudiado el material de Estadística cumplimentan la práctica totalidad de las guías de lectura. Las respuestas en blanco son muy pocas y, salvo excepciones que se comentarán más adelante, están bastante dispersas.

Debe destacarse la opinión mostrada sobre el Bloque 2, que se diferencia ligeramente de la que ha merecido el resto de los bloques. Se trata de un bloque cuyos contenidos son cualitativamente diferentes y que pueden haber resultado en cierto modo chocantes. Esta hipótesis explica, por ejemplo, que respecto a este bloque se hayan expresado opiniones más dispersas en relación con su grado de dificultad. Se trata, en fin, de un desarrollo más descriptivo de los contenidos, en el que los ejercicios juegan un papel más secundario y que exigía del lector una lectura diferente.

Con respecto a las características globales de los

materiales se han recogido opiniones muy favorables sobre la estructura de cada uno los bloques y su conexión con los demás. Un porcentaje muy pequeño de participantes da una valoración negativa a las preguntas formuladas sobre estos extremos. En algún caso (bloques 2 y 7) se han recogido varias sugerencias de ampliación. La estructura global del material, y en particular la interconexión entre los diferentes bloques, merece un juicio muy positivo, que se traduce en un 100% de respuestas afirmativas en cuatro de los bloques.

Vale aquí también el comentario que se ha hecho antes en relación con el criterio sobre si el material está completo. Quizá el hecho de que la mayor parte de los participantes tuvieran en este caso una idea más clara de lo que se podrían encontrar en los materiales, ha dado como resultado la sensación de que podría haber habido más. En cuatro de los bloques no llega a la mitad el número de participantes que los considera completos. Sin embargo, las sugerencias que acompañan a las respuestas que han sido matizadas no recogen contenidos similares, por lo que cabe interpretar, como se ha hecho antes, que reflejan más bien una sensación de que podría haberse llegado más lejos.

Relacionada con la estructura del material está la selección y organización de los ejercicios que acompañan el texto. Dejando aparte las respuestas dadas al bloque 2° y, en menor medida, al 7°, las respuestas reflejan una opinión favorable respecto de la selección que se ha hecho de los ejercicios, por encima del 90%, y de la secuencia que siguen en el texto, por encima del 80%. No se han dado en ninguno de los bloques respuestas negativas a las preguntas de si se consideraban adecuadas la secuencia o la selección de los ejercicios.

El grado de dificultad se considera también adecuado por parte de la mayoría de los participantes, si bien se introducen algunas matizaciones en algunos de los bloques, especialmente el tercero, que trataba sobre el Teorema Central del Límite, y el séptimo, dedicado a la distribución Normal. Tampoco en este caso es posible saber directamente si la discrepancia se debe a que la dificultad es mayor o menor que la deseable, aunque de la valoración global sobre el grado de dificultad del bloque puede deducirse que algunos de los participantes han encontrado los ejercicios más fáciles de lo esperado.

Las soluciones a los ejercicios fueron entregadas durante la lectura, en la sesión intermedia. Este desfase explica que en

los primeros bloques haya un número importante de respuestas en blanco a la petición de opinión sobre orientaciones para resolver los ejercicios y, sobre todo sobre la solución que se ofrecía, lo que impide una valoración adecuada de las respuestas disponibles. En cualquier caso, debe señalarse que las orientaciones son consideradas adecuadas por entre el 82% y el 90% de los participantes en todos los bloques. Las soluciones, por su parte se valoran adecuadas entre el 70% y el 90% de los casos. Cabe remarcar también aquí la ausencia de respuestas negativas.

Los resultados para cada uno de los bloques sobre amenidad, dificultad, interés despertado y utilidad son las que se recogen a continuación. El cuadro recoge las valoraciones medias dadas por los participantes, que puntuaban en cada caso de 1 a 5.

Bloque	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°
Amenidad	4,04	3,15	3,41	3,55	4,04	4,09	3,47
Utilidad	3,87	3,85	3,36	2,80	4,00	4,17	2,85
Interés	4,00	4,10	4,05	4,05	3,33	3,62	3,81
Dificultad	2,48	2,77	2,61	2,86	2,35	3,48	2,38

Estos datos revelan, en primer lugar, que los lectores han encontrado los materiales con un alto grado de amenidad e interés. Las puntuaciones medias en estos aspectos están por encima de los 3,15, y en muchos casos superan los 4 puntos. Salvo en el bloque 2, las desviaciones típicas no superan en ningún caso el valor 0,9.

La puntuación asignada a la utilidad para el aula responde a la naturaleza de los contenidos. Los bloques 4° y 7° responden a contenidos de mayor complejidad, que han sido vistos por los lectores también como de menor aplicabilidad, aun con un grado relativamente alto.

Como se ha indicado antes la puntuación media deseable del grado de dificultad es la que se aproxima al valor intermedio, en este caso los 3 puntos. De acuerdo con esta consideración se observa que han sido considerados todos los bloques ligeramente fáciles, salvo el 6°, que supera la puntuación intermedia.

4. Eficacia formativa de los materiales

4.1 Mejoría en los conocimientos

Comenzaremos comentando los resultados de la prueba final. Para el módulo de **optimización** la máxima puntuación posible era de 40 puntos. Los 25 participantes que realizaron la prueba final obtuvieron una media de 25,5, lo que supone que se ha alcanzado un nivel medio del 63,8% entre los participantes después de haber leído el material de optimización que se les presentó. El 95% de los participantes tuvo una puntuación entre 21,9 y 29,01, lo que supone en términos de porcentaje, que el 95% de los individuos alcanzó un nivel entre el 52,5% y el 72,5%.

La mejoría en los conocimientos puede apreciarse cuando se comparan las puntuaciones de la prueba final con las de la prueba inicial. Los datos que hemos recopilado muestran que la ganancia media fue de 11,6 puntos. Conviene relativizar esta ganancia con respecto a la ganancia media máxima que los participantes podían obtener una vez realizada la prueba inicial. Puesto que la media de la prueba inicial fue de 13,8 puntos, la ganancia media máxima de los participantes podía ser de $40 - 13,8 = 26,2$. Relativizando la ganancia entre las pruebas final e inicial sobre este valor se obtiene una mejora del 44,27%. Para esta variable de ganancia el 95% de los valores centrales se encuentran entre 8,7 y 14,5. Poniendo estos valores en relación con la ganancia media máxima posible (26,2) se obtiene que el 95% de los participantes alcanzó un nivel entre el 33,2% y el 55,3%.

La desviación típica de los resultados conseguidos en la prueba inicial, que fue de 7,1, aumenta hasta 8,6 para el conjunto de puntuaciones de la prueba final. A pesar de este aumento, el coeficiente de variación de cada una de las pruebas (es decir, el valor de la desviación típica relativizado con respecto a la media de la correspondiente prueba) disminuye entre las pruebas inicial y final. Mientras que el coeficiente de variación de la prueba inicial fue 50,9%, el correspondiente a la prueba final resultó ser 33,6%. Aunque esta medida indica que la disparidad de conocimientos que tenían los participantes antes de leer el material se ha reducido una vez que han trabajado con él, esta reducción no es muy significativa.

De los datos aportados anteriormente (que se recopilan en la tabla que sigue a este párrafo) se puede concluir que hay una mejoría considerable en los conocimientos de los participantes después de haber leído el material diseñado sobre optimización.

Los resultados sobre la dispersión y el coeficiente de variación nos indican que se produjo una cierta homogeneización en los conocimientos de los participantes, pero que no fue muy significativa. Por tanto, la ganancia en los conocimientos se produjo homogéneamente entre aquellos participantes que tenían un nivel alto y los que tenían un bajo nivel.

OPTIMIZACION	Antes	Después	Diferencia
Máximo posible	40,0	40,0	0,0
Mínimo posible	0,0	0,0	0,0
Máximo obtenido	29,0	40,0	11,0
Mínimo obtenido	0,0	7,0	7,0
Media	13,8	25,5	11,6
Media porcentual	34,5%	63,8%	29,0%
Desviación típica	7,1	8,6	7,0
<u>Coeficiente de variación</u>	51,4%	33,7%	60,3%
Intervalo del 95%	[10,9;16,8]	[21,9;29,0]	[8,7;14,5]

Examinaremos a continuación los resultados del **módulo de inferencia estadística**. Para este módulo la puntuación máxima era de 28 puntos. Los 24 participantes que realizaron la prueba final obtuvieron una media de 17,9, lo que supone un nivel medio del 63,9% de los objetivos señalados. El intervalo en el que se encuentra el 95% central de individuos es [15,8; 19,9], lo que supone, en términos de porcentaje sobre el total posible el intervalo [56,4; 71,4].

La mejoría de los conocimientos se aprecia cuando se comparan los resultados de las pruebas inicial y final. La ganancia media de la prueba final con respecto a la inicial fue 9,6 puntos. Una mejor interpretación de esta ganancia se consigue cuando se considera relativizada con respecto a la ganancia media máxima que los participantes podían obtener una vez realizada la prueba inicial. Puesto que la media de la prueba inicial fue de 8,3 puntos, la ganancia máxima posible podía ser $28 - 8,3 = 19,7$. La ganancia media entre ambas pruebas fue 9,6 puntos, lo que indica que, por término medio, los participantes han ganado un 48,7% del máximo que podrían haber adquirido. El 95% de los valores centrales de esta variable de ganancia están entre 7,3 y 11,8; relativizando estos valores con respecto a la ganancia

media máxima posible (19,7) se obtiene que el 95% de los participantes mejoró entre el 31,7% y el 59,9%.

La desviación típica de la prueba inicial, 5,8, disminuye en la prueba final a 4,8. Si relativizamos estos valores con respecto a sus respectivas medias (coeficiente de variación), se obtiene 69,9% y 26,8% para las pruebas inicial y final respectivamente. Observamos que en la prueba previa de Inferencia Estadística el coeficiente de variación es muy elevado, lo que supone una gran disparidad de conocimientos iniciales (nótese también que la puntuación mínima en esta prueba fue 0 y la máxima 24). Sin embargo el coeficiente de variación de la prueba final se reduce notablemente. Podemos concluir que el estudio del material de Inferencia Estadística ha reducido notablemente la diferencia de conocimientos entre los participantes.

De los datos descritos anteriormente (que se recopilan en la tabla que sigue a este párrafo) se puede concluir que en términos absolutos hay una mejoría aceptable de los conocimientos de los participantes. El hecho de que la dispersión se reduzca considerablemente entre las pruebas inicial y final nos permite deducir que la efectividad del material de Inferencia Estadística es mucho mayor en aquellos que parten de un nivel bajo de conocimientos.

ESTADISTICA	Antes	Después	Diferencia
Máximo posible	28,0	28,0	0,0
Mínimo posible	0,0	0,0	0,0
Máximo obtenido	24,0	26,5	2,5
Mínimo obtenido	0,0	6,5	6,5
Media	8,3	17,9	9,6
Media porcentual	29,6%	63,9%	34,3%
Desviación típica	5,8	4,8	5,3
<u>Coeficiente de variación</u>	69,9%	36,8%	55,2%
Intervalo del 95%	[5,8;10,7]	[15,8;19,9]	[7,3;11,8]

4.2 Factores que pudieran haber influido

Los datos recogidos a lo largo de la investigación con los cuestionarios que se han descrito en el capítulo 2 permiten obtener tablas de correlaciones (anexos 14 y 16), cuyos resultados más destacados con respecto a los resultados de las pruebas inicial y final y con respecto a la ganancia de conocimientos se comentan a continuación. Comenzaremos con el estudio del módulo de **optimización**.

Teniendo en cuenta el número de participantes, la correlación entre dos factores será significativa al 95% si supera 0,33 en valor absoluto. Por esta razón solamente se considerarán aquellas correlaciones que superen este margen.

Los años de experiencia docente es un factor que puede influir en los conocimientos adquiridos por los sujetos que han participado en este experimento. La correlación de esta variable con los resultados de la prueba inicial es pequeña, pero sí existe una correlación apreciable con los resultados de la prueba final (0,35). Examinando estos resultados con la cautela que requiere el número de sujetos que participaron en este experimento, concluimos que los años de experiencia es un factor importante a la hora de leer el material y obtener beneficios de él: los que tenían un mayor número de años de experiencia han obtenido un mayor beneficio.

Desde el punto de vista teórico, el tiempo dedicado a trabajar en este módulo debe influir positivamente en los resultados de la prueba final. Los datos recogidos muestran que la correlación entre la puntuación final y el tiempo dedicado no es significativa. Sin embargo, se aprecia una correlación destacable (-0,37) entre el tiempo previsto y los resultados de la prueba inicial. El valor de -0,37 indica que si los conocimientos iniciales sobre el tema de optimización eran buenos el tiempo que previsiblemente dedicarían a este módulo era menor. Estos datos son concordantes con el tiempo dedicado a cada módulo, dato que se obtiene de las respuestas a las guías de lectura. Puesto que la correlación entre el tiempo dedicado y los resultados de la prueba inicial es -0,42, se concluye que los que obtuvieron peores resultados en la prueba inicial dedicaron más tiempo al módulo.

Sin embargo no hay correlación significativa entre el tiempo dedicado al estudio del módulo y la prueba final. Esto indica que la ganancia ha sido bastante homogénea entre los que tenían buenos conocimientos de la materia antes de leer el material de optimización y aquéllos que no lo poseían. Esta afirmación queda

reforzada al observar que es significativa la correlación entre el tiempo dedicado y la variable DIFCON2, que indica la ganancia con respecto a los conocimientos iniciales.

Destacaremos finalmente que los resultados obtenidos indican que entre los participantes en este proyecto, el hecho de haber asistido a actividades de formación no está relacionado con la obtención de buenos o malos resultados en este módulo. Esto se deduce del hecho de que no hay ninguna correlación significativa entre la asistencia a cursos de formación declarada por los participantes y la variable que mide la diferencia entre las puntuaciones de las pruebas inicial y final.

Pasamos ahora a estudiar los factores que pudieran haber influido en los resultados de las **pruebas de Estadística**. La tabla de correlaciones, en la que están basados los comentarios que siguen, puede verse completa en el anexo 16. Teniendo en cuenta el número de participantes, la correlación entre dos factores será significativa al 95% si supera 0,33 en valor absoluto. Por tanto, nos fijaremos principalmente en aquellas correlaciones que superen este margen.

Aunque existe una correlación significativa entre la variable que mide los conocimientos previos y la que mide los conocimientos finales. Su valor, no demasiado alto, puede ser debido al hecho de que con el estudio del material se homogeneizan los conocimientos de los participantes.

La formación previa es un factor que puede haber influido en los resultados finales. Esta información se ha obtenido de la declaración de los participantes acerca de su formación en el correspondiente apartado del Cuestionario de Actitudes y Expectativas (véase anexo 9). Las respuestas a las varias preguntas que se hacían se han reunido en la variable FORT, que será la que usemos en esta descripción.

Se observa una correlación significativa entre esta variable y el tiempo dedicado (TI); esta correlación es -0,41. Esto parece indicar que cuanto mayor formación declaran tener los participantes, menos tiempo dedican al módulo de Inferencia Estadística. También hay una correlación negativa y significativa entre esta variable de formación declarada y la satisfacción que tienen los participantes al final del proceso; esta correlación es -0,42, lo que parece indicar que aquellos participantes que declaraban una mayor formación inicial quedaron menos satisfechos con la lectura del material de Inferencia Estadística. Merece

destacar que no existe correlación significativa entre la formación declarada (FORT) y los resultados iniciales o finales, o con la diferencia de ganancias. Este mismo resultado también se produce en el módulo de optimización, tal como hemos expuesto anteriormente.

Estas correlaciones negativas no indican, necesariamente, que los participantes que creían tener más formación inicial en Estadística hayan dedicado poco tiempo o hayan quedado insatisfechos con los módulos diseñados, sino que los niveles alcanzados en estas variables tienden a ser menores que los que alcanzan quienes creen tener una formación inicial inferior.

Otra variable que puede haber influido en los resultados obtenidos es el tiempo dedicado al estudio del módulo. La variable TI, que es la que mide el tiempo que los participantes dicen haber dedicado al módulo de Inferencia Estadística, está correlacionada negativa y significativamente con los resultados de la prueba inicial (-0,39) y correlacionada positiva y significativamente con la ganancia de conocimientos obtenida (0,50) y con el grado de satisfacción de los participantes (0,44). Por tanto, para este mismo módulo, el tiempo que dedican es tanto mayor cuanto peor es el nivel de partida y los que han dedicado más tiempo han adquirido más conocimientos y se encuentran más satisfechos con el módulo diseñando.

Al contrario de lo que sucedía en el módulo de Optimización, las correlaciones entre los años de experiencia y los resultados finales o la ganancia obtenida no son significativas, lo que indica que este módulo sirve tanto para profesores que acaban de comenzar su tarea docente, como para aquellos que la llevan ejerciendo durante varios años.

La conclusión más significativa respecto a la eficacia formativa de los materiales de Inferencia Estadística es que parecen razonablemente útiles, sobre todo para profesores cuyo nivel de partida en Estadística sea bajo.

5. Satisfacción con la participación

Las preguntas 1 y 3 del cuestionario de Valoración Global (anexos 11 y 12) son los que se usan para medir la satisfacción de los participantes con los módulos diseñados. En ambos temas (Optimización e Inferencia Estadística) esta variable, que se denomina SAT, es una suma de las valoraciones de cada uno de los

apartados de la pregunta 3, y tiene un rango de valores entre 5 (mínimo) y 20 (máximo).

En el **módulo de Optimización** la variable de satisfacción de los participantes (SAT) tiene una media de 14,32 y una desviación típica de 3,15, lo que supone un coeficiente de variación de 21,86%. Esto indica que el grado de satisfacción es moderadamente alto y bastante homogéneo en el módulo de Optimización.

Las correlaciones entre estas variables y el resto de las variables estudiadas (véase anexo 14) permite observar que solamente hay correlación significativa con cuatro variables: la valoración global del módulo (0,40), los conocimientos finales (0,44), la actitud final de los participantes (0,61) y la diferencia entre las actitudes iniciales y finales (0,43). Se deduce de estos resultados que en este módulo cuanto mejor se ha realizado la prueba final el grado de satisfacción es mayor.

En el **módulo de Inferencia Estadística** la media fue de 15,5 con una desviación típica de 3,0, lo que supone un coeficiente de variación de 19,4%. Esto indica que, también en este tema, el grado de satisfacción es moderadamente alto y muy homogéneo entre los participantes.

La tabla de correlaciones, que se exhibe completa en el anexo 16, muestra que solamente son significativas las correlaciones entre la variable de satisfacción (SAT) y las siguientes variables:

Actividades de formación realizadas en Estadística (-0,36)
Tiempo dedicado (0,44)
Resultados de la prueba inicial (-0,50)
Ganancia de conocimientos (0,36)
Ganancia respecto a los conocimientos previos (0,64)
Formación declarada (-0,41)

Estos datos indican que el grado de satisfacción es mayor en aquellos participantes que tenían pocos conocimientos sobre estos temas (pocas actividades de formación, poca formación declarada y bajo rendimiento en la prueba inicial), en aquellos que le han dedicado más tiempo y en aquellos que han obtenido mayor ganancia de conocimientos.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES

De las consideraciones que se han hecho en los capítulos anteriores podemos extraer algunas conclusiones, que se indican a continuación.

1. Los materiales elaborados en el marco de esta investigación han resultado globalmente satisfactorios en lo que se refiere a:

. Su organización y estructura.

. La adecuación de su nivel de dificultad a la situación general del profesorado de enseñanza secundaria.

. Su capacidad para despertar el interés de los profesores sobre los contenidos tratados en cada uno de los módulos.

. Su posibilidad de que la mayor parte de los bloques diseñados puedan ser utilizados en el aula.

2. Siempre que se den determinadas condiciones, un porcentaje significativo de profesores de matemáticas de secundaria participan en un programa de autoformación científica y didáctica y llevan a término las actividades relacionadas con él. Estas condiciones se refieren principalmente al respaldo que tenga la convocatoria y la fiabilidad de los materiales que se ofrecen.

3. La razón que ha llevado a participar en el programa a un número muy importante de sujetos es, precisamente, su carácter de autoformación, libre de la obligación de asistir a sesiones presenciales. De entre ellos una parte importante participarían voluntariamente en programas de formación únicamente si son de este tipo.

4. Un número importante de los profesores participantes ha dedicado a su formación, dentro de este programa, un tiempo de estudio personal considerable, cuya media es aproximadamente 25 horas. Probablemente la rentabilidad formativa es mayor que la que se puede esperar por la mera asistencia a sesiones de cursos presenciales.

5. Los materiales podían ser leídos en cualquier orden. Sin embargo la mayoría de los participantes lo hace en el orden presentado, intentando resolver los ejercicios que se proponen en el texto.

6. Los profesores de matemáticas que participan en un programa de autoformación dirigida, como el que centra esta investigación, realizan generalmente su trabajo en la enseñanza secundaria y responden a un perfil medio en cuanto a sus características profesionales. Son ligeramente más jóvenes que la media.

7. Para que un plan de autoformación de este tipo alcance los objetivos que se esperan, debe cumplir al menos las siguientes condiciones:

- . Utilización de materiales elaborados específicamente con esta finalidad y con determinadas condiciones formales y de contenido.

- . Participación de manera voluntaria y a iniciativa del interesado.

- . Obtención de acreditación similar a la que corresponde a otras actividades de formación.

8. En particular, los materiales elaborados han producido en los participantes un incremento significativo en los conocimientos sobre los temas de que eran objeto. Esta mejoría es de distinto

tipo en cada uno de los módulos diseñados. Mientras que en el de optimización no se observa una homogeneidad apreciable en los conocimientos de los participantes antes y después de haber trabajado el material, sí se aprecia en el material de estadística. Quizá esto sea debido a que el nivel de partida de los participantes en Estadística es inferior al correspondiente en Optimización. Esta idea queda reforzada al comprobar que en el módulo de estadística han mejorado más los participante que tenían un nivel de conocimientos inferior.

9. La participación en el programa de autoformación ha resultado satisfactoria para casi todos los sujetos. Esta satisfacción es mayor para los participantes que le han dedicado un mayor número de horas. Este factor está altamente correlacionado con la formación declarada: cuanto menos formación se declara, mayor es el número de horas dedicado.

10. Con relación a las dos hipótesis formuladas en el epígrafe **Evaluación** del capítulo 1 podemos concluir lo siguiente:

. En general el programa produce en el profesorado participante un cambio positivo en cuanto a las expectativas respecto a la utilidad del material y un aumento de sus conocimientos sobre el tema tratado.

. Los participantes en el programa son proclives a participar en él, en lugar de hacerlo en cursos de actualización. Hay que tener en cuenta que este resultado no puede ser generalizado debido a que la pregunta fue contestada solamente por sujetos que se habían integrado en el programa voluntariamente.