



Instituto Tecnológico  
GeoMinero de España

Estudio de los procesos de  
Eutrofización y su influencia en  
la calidad de las aguas  
subterráneas

TOMO I. Resumen



SECRETARIA GENERAL DE LA ENERGIA Y RECURSOS MINERALES  
MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

37067

# **RESUMEN**

**Tomo I.**

***La ausencia de estudios "in situ" de la problemática en la eutrofización en aguas procedentes de antiguas labores mineras, recomendaba abordar la sistemática de elaboración de estudios sobre este tema. Para ello, se tomó como base el Proyecto "Inventario de Balsas y Escombreras"; que fué realizado por el I.T.G.E. (INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA).***

***Esta información permitió realizar una clasificación detallada de las balsas existentes, en función de parámetros físico-químicos, y la elección de aquellas que son susceptibles de eutrofización.***

***La selección previa en función de la asociación en familias estadísticas, no siempre dió como resultado la elección adecuada, por la variación de la existencia de las balsas con el tiempo, pero sí permitió establecer las características de grupo para elegir una balsa de condiciones similares y proximidad geográfica que aún no estando en el inventario, permitía el estudio sobre ella.***

***Con este proyecto se cubre el vacío existente en cuanto a estudios de eutrofización en balsas mineras lo que representa la primera aportación nacional sobre este tema.***

***Especial interés se le dedicó al estudio de la incidencia que las aguas procedentes de estas balsas, podrían ejercer sobre la calidad de las aguas de los acuíferos del entorno.***

Este Proyecto ha sido realizado por el siguiente equipo técnico:

Por el I.T.G.E.            D<sup>a</sup> María Bella Gomez Martos  
Licenciada en Ciencias Geológicas  
Directora del Proyecto por el I.T.G.E.

Por DIMASA                D. Santiago Ubero Hernán  
Ingeniero de Minas  
Director del Proyecto por DIMASA  
D. Federico Buyo Hernández  
Licenciado en Ciencias Químicas

Asesores                 D. Angel Cámara Rascón  
Dr. Ingeniero de Minas  
E.T.S. Ingenieros de Minas de Madrid  
D. Juan Llamas Borrajo  
Dr. Ingeniero de Minas  
E.T.S. Ingenieros de Minas de Madrid

Este Proyecto ha sido financiado íntegramente por el I.T.G.E.  
(INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA), y efectuado en  
régimen de contratación con la Empresa DIMASA (INGENIERIA,  
DOCUMENTACION Y MEDIO AMBIENTE S.A.).

## **INDICE**

1. Objetivos del proyecto.
2. Desarrollo del proyecto.
3. Resultados del proyecto.
  - 3.1. Clasificación de las balsas en España.
  - 3.2. Eutrofización.
  - 3.3. Estudios complementarios.
  - 3.4. Influencia de la eutrofización sobre las aguas subterráneas.

## 1. OBJETIVOS DEL PROYECTO.

Las condiciones climatológicas que actualmente sufre España son muy favorables para el desarrollo en las aguas continentales del proceso denominado eutrofización. Ultimamente se está llevando a cabo un replanteamiento de la gestión de los recursos hidráulicos con especial énfasis hacia la explotación de las aguas subterráneas, por ello, es necesaria una adecuada política de protección de estos recursos, especialmente en lo que respecta a la prevención de la pérdida de la calidad natural y al consumo humano de las aguas.

Este proyecto trata **la protección de la calidad de las aguas subterráneas** desde el punto de vista de la **posible influencia de la eutrofización** de las aguas confinadas en balsas, sobre todo de las dedicadas a actividades industriales. Para alcanzar este objetivo ha sido necesario establecer una serie de objetivos intermedios:

- Caracterización de las balsas existentes en España.
- Identificación del grupo de balsas susceptibles de sufrir eutrofización de sus aguas y determinación de los modelos matemáticos que permitan esta identificación.
- Construcción de un modelo que permita establecer cuáles son los mecanismos que controlan la eutrofización.

Una vez cumplidos estos objetivos se podrá realizar el estudio de la influencia de la eutrofización sobre las aguas

subterráneas que es el objetivo último de este trabajo.

## **2. DESARROLLO DEL PROYECTO.**

Previamente al desarrollo del estudio de eutrofización propiamente dicho, se hace necesario escoger la balsa donde realizarlo. Para ello se han llevado a cabo diversas fases, con diferentes criterios de selección sucesivos hasta obtener la balsa adecuada. En la figura 1 se muestra el diagrama de flujo del proyecto que indica todas las etapas que se han realizado hasta la elección definitiva. En este diagrama se pueden apreciar dos tipos de indicadores; uno de ellos indica el flujo del proyecto en si, y el otro las influencias de otros estudios adicionales que se han realizado y que tienen incidencia sobre la elección definitiva de la balsa.

En la figura 2, se muestran las fases llevadas a cabo desde la toma de datos hasta la toma de decisiones.

Una vez seleccionada la balsa de estudio se procedió a realizar muestreos sistemáticos, tanto de las aguas de la balsa como de las aguas subterráneas, durante el período Abril-Octubre de 1992. También se han muestreado los sedimentos de la balsa para averiguar la capacidad de retención de los fosfatos (PAC) por parte de los mismos. Por otra parte, se realizaron análisis de todos los parámetros físico-químicos recomendados por el proyecto de la OCDE y de las formas adsorbibles de Fe, Al y Mn que caracterizan a los sedimentos.

Figura 1. Fase 1 del proyecto.

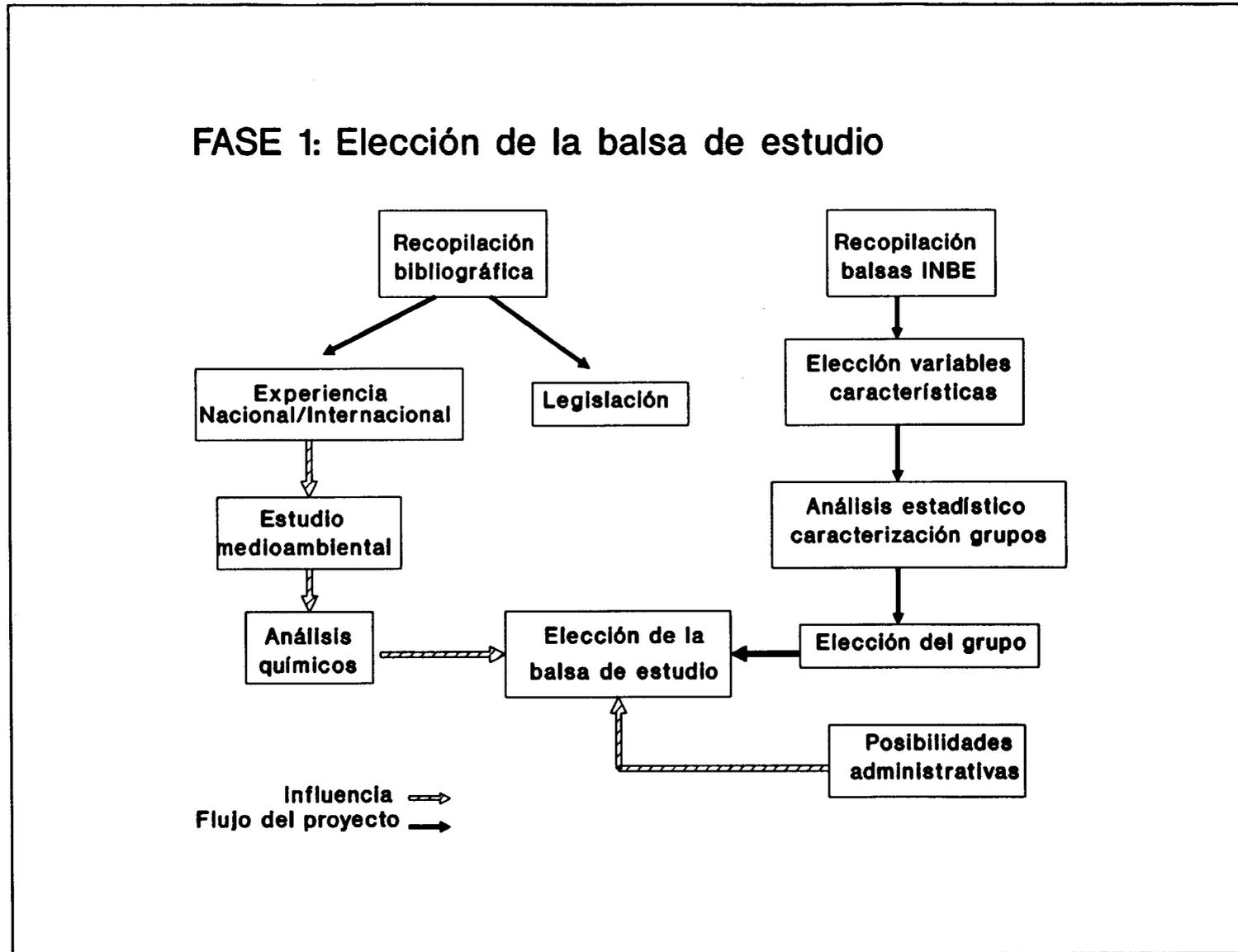
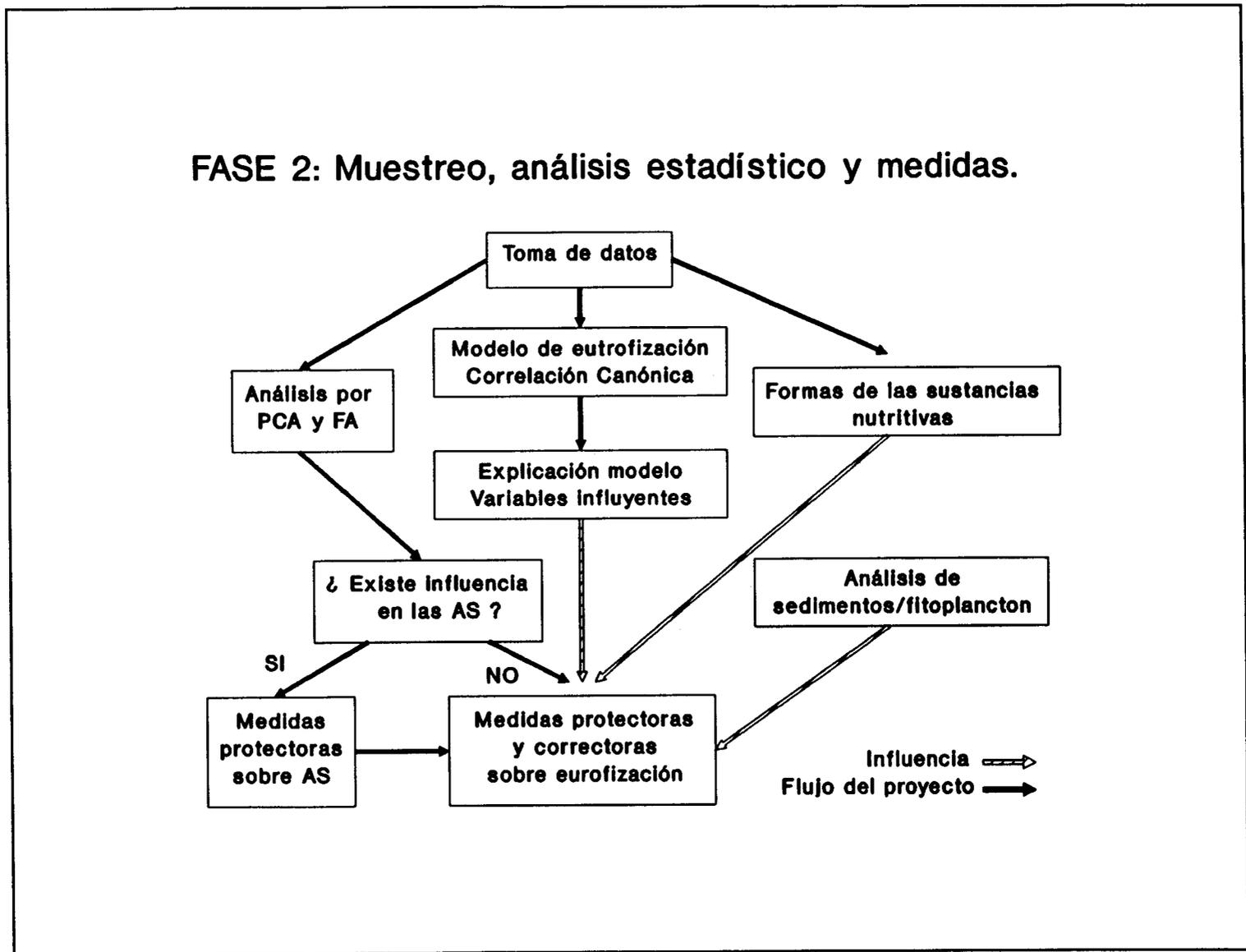


Figura 2. Fase 2 del proyecto.



Una vez recopilados todos los resultados de los parámetros se llevó a cabo el estudio estadístico de los datos que comprende un estudio descriptivo multivariable de las muestras para obtener una visión general de la distribución de los elementos en las aguas, superficiales y subterráneas. Dicho estudio ha sido el punto de partida para averiguar la posible influencia de la eutrofización en las aguas subterráneas. Asimismo, se ha realizado un estudio de las formas de nitrógeno y de fósforo total, y por último la construcción propiamente dicha del modelo de eutrofización. Paralelamente se han llevado a cabo estudios complementarios sobre la influencia de los intercambios sedimentos-agua y de la variabilidad del fitoplancton.

Como conclusión final y en base a estos estudios se recomienda la adopción de una serie de medidas sobre la corrección y prevención de la eutrofización en el caso de las aguas superficiales y, en el caso en que se demuestre la influencia de los procesos eutróficos, sobre la protección de las aguas subterráneas.

### 3. RESULTADOS DEL PROYECTO.

#### 3.1. Clasificación de las balsas en España.

La clasificación se ha realizado considerando dos factores de primordial incidencia sobre el estudio:

1. Qué balsas pueden dar lugar a problemas de infiltración.
2. Qué balsas pueden desarrollar procesos eutróficos.

El análisis estadístico ha dado como resultado la definición de dos grupos de balsas con las siguientes características:

- Grupo 1.

Balsas asentadas sobre el terreno sin ninguna preparación previa, con una alta permeabilidad del recubrimiento de la balsa y sobre terreno de fácil accesibilidad.

- Grupo 2.

Balsas implantadas en terrenos sin ninguna preparación, con una permeabilidad media del recubrimiento de la balsa, con una profundidad mayor de 1m. y situadas predominantemente en vaguada.

Según el proyecto de la OCDE, si la profundidad de la balsa es menor de 1m. el desarrollo de la eutrofización puede estar controlado por la luz y no por las sustancias nutritivas, fósforo y nitrógeno, que puedan existir en la balsa o en sus alrededores. Por este motivo, parece evidente que el estudio debe centrarse en las balsas clasificadas como grupo 2.

### 3.2. Eutrofización.

- Utilizando el Análisis de la Correlación Canónica, se ha obtenido un modelo matemático de eutrofización que relaciona la concentración de clorofila-a con las concentraciones en nitratos, nitritos, fosfatos y la relación Mn/Fe.

Las variables que participan en el modelo son las que explican la mayor parte de la variabilidad de la clorofila, por lo que para producir cualquier variación sobre la concentración de clorofila será necesario actuar sobre estas variables. El modelo obtenido es el siguiente:

$$\text{CHL-A} = 5.075 + 3.868 \cdot \text{VC}$$

en donde:

\* VC: Valor de la variable canónica normalizada de las variables independientes. Para aplicar el modelo es necesario normalizar previamente las variables.

\* CHL-A: clorofila-a.

\*  $\text{VC} = -0.501 \cdot \text{NO}_3^- + 0.301 \cdot \text{PO}_4^{3-} - 0.829 \cdot [\text{Mn/Fe}] + 1.455 \cdot \text{NH}_4^+$ .

- Mediante el estudio de los equilibrios, y el predominio de las formas de nitrógeno y fósforo total, se obtiene la forma de reducir la concentración de estas sustancias nutritivas actuando sobre sus equilibrios químicos correspondientes.

### 3.3. Estudios complementarios.

Se realizaron análisis en los sedimentos de las formas adsorbibles de Fe, Mn y Al, y del fitoplancton para intentar conocer su variabilidad estacional, ya que:

1. Los sedimentos juegan un papel importante cuando se actúa contra las sustancias nutritivas mediante precipitación. Una vez precipitados los fosfatos, es necesario que éstos no se redisuelvan para que no vuelvan a estar biológicamente disponibles. Según la composición química de los sedimentos, en sus formas adsorbibles, la capacidad de adsorción de los fosfatos (PAC) por parte de los sedimentos será mayor o menor.

2. Según la OCDE la precipitación de los fosfatos se puede acelerar mediante la presencia de diatomeas. Por esta razón, es recomendable realizar este tipo de estudios para averiguar que estación del año es la de mayor contenido en estas algas.

Los resultados de todos estos estudios dan lugar a las siguientes recomendaciones:

\* Precipitación de los fosfatos mediante sales de hierro y adición de  $\text{CaCO}_3$ .

\* Inicio del tratamiento en otoño-invierno.

\* Si no existen diatomeas sería recomendable el sembrado de éstas como tratamiento biológico.

### **3.4. Influencia de la eutrofización sobre las aguas subterráneas.**

Las consecuencias fundamentales que se desprenden del estudio, son las siguientes:

1. Solamente el aumento de las concentraciones de Fe y Mn puede afectar a la calidad de las aguas subterráneas.
2. En el intervalo estudiado de clorofila-a no existe influencia de la eutrofización sobre la calidad de las aguas subterráneas.