

1. INTRODUCCIÓN: LA DIMENSIÓN DE EDUCACIÓN AMBIENTAL

Desde algunas perspectivas puede considerarse una redundancia hablar de Educación Ambiental en las Ciencias de la Tierra; en efecto quienes entienden que el campo de conocimiento "Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente" es uno solo, incluyen seguramente la Educación Ambiental dentro de este campo. Sin entrar en la polémica acerca de si el campo es único, cuestión que excede el propósito de este trabajo, sí se pretende discutir que el dominio de la Educación Ambiental es más amplio que el estudio del Medio Ambiente, aunque tenga muchos puntos de contacto con él. En otras palabras: tiene sentido tratar de la Educación Ambiental en las Ciencias de la Tierra, de igual forma que lo tiene tratar de la Educación Ambiental en la Biología, la Química o la Física.

En algunos documentos de carácter curricular del MEC o las Comunidades Autónomas se denomina a la Educación Ambiental (y otras como la Educación para la Salud) "temas transversales", queriendo indicar con ello que no constituyen una asignatura o disciplina más (que serían los "temas horizontales"), sino que deben incorporarse a los restantes temas o disciplinas: Ciencias Sociales, Ciencias de la Naturaleza, Lengua etc. En nuestra opinión, y refiriéndonos a la Enseñanza Primaria y Secundaria, es más adecuado hablar de "dimensión transversal", si entendemos que los objetivos de la Educación Ambiental deben integrarse en las demás disciplinas sin constituir un "tema" nuevo. Hay casos en que la Educación Ambiental sí constituye una disciplina diferenciada, con su propio programa y contenidos, por ejemplo en el Curriculum de la Diplomatura de Maestro en la Universidad de Santiago de Compostela (sin perjuicio de que pueda incorporarse también como dimensión a otras materias), y en estos puede ser adecuado hablar de "temas".

Este artículo tiene como objetivo reflexionar sobre algunas formas específicas de incorporar la dimensión de Educación Ambiental en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en la Educación Secundaria. En primer lugar, en este apartado, se discuten algunas definiciones sobre lo que es Educación Ambiental, y como ha evolucionado el concepto de Educación Ambiental en la última década. En el segundo apartado se debaten algunas cuestiones ambientales relacionadas con la Geología. Por último en el tercero se presenta un ejemplo de actividad sobre una de ellas y se

discuten algunas formas de integrar estos aspectos en el diseño curricular y en el trabajo en el aula.

Hay distintas formulaciones sobre lo que es la Educación Ambiental, pero una que se ha convertido en clásica es la de Arthur Lucas (1980, 1992) quien distingue entre Educación **sobre**, en y **para** el ambiente:

- Educación **sobre** el ambiente: capacitación en destrezas o comprensión cognitiva acerca del entorno, y de las interacciones entre los seres humanos y su medio.

- Educación **en** el ambiente: actividades realizadas fuera del aula, estudios de campo, itinerarios.

- Educación **para** el ambiente: dirigida a la conservación y mejora del medio.

Por ejemplo, un análisis de la influencia de las actividades domésticas e industriales en una ciudad sobre la calidad de las aguas subterráneas sería un ejemplo del primer tipo (educación **sobre**); un itinerario geológico un ejemplo del segundo tipo (educación **en**), y una campaña escolar contra el coleccionismo de minerales un ejemplo del tercer tipo (educación **para**). Está claro que pueden existir toda clase de combinaciones entre los tres componentes: en el ambiente y sobre él, sobre el ambiente y para él, los tres a la vez etc. Para Lucas, diferentes personas llaman Educación Ambiental a cosas distintas, porque realmente en algunos casos sólo se trata de actividades **en** el ambiente (salidas), y en otros de estudios o análisis **sobre** el ambiente, y opina que sólo puede hablarse de Educación Ambiental cuando existe el componente **para**, cuando entre las finalidades del programa o actividad se encuentra la mejora y conservación del medio.

Históricamente, y desde los inicios de la Educación Ambiental, hace unos veinticinco años, hay un debate abierto acerca de si las Ciencias constituyen el vehículo más adecuado para introducirla en la escuela. Una de las razones por las que se plantea esta cuestión es porque los profesores y profesoras de Ciencias fueron pioneros en la realización de actividades de Educación Ambiental en clase. Aunque esto no debe llevar a pensar que la Educación Ambiental sólo tiene que ver con las Ciencias, no cabe duda de que las Ciencias, como señala Greenall (1992) pueden jugar un papel privilegiado en ella. Hoy día parece existir acuerdo sobre el carácter interdisciplinar de la Educación Ambiental, o en otras palabras, que debería constituir una dimensión en

(1) Dpto. Didáctica das Ciências Experimentais. Universidade de Santiago de Compostela



todas las áreas del curriculum y no sólo en las Ciencias. Al mismo tiempo hay que tener en cuenta que la Educación Ambiental está jugando un importante papel en la transformación del curriculum de Ciencias (Greenall 1992), contextualizándolo socialmente y haciéndolo más relevante para las personas.

En cuanto a los objetivos que se plantea la Educación Ambiental, por ejemplo Giordan y Souchon (1991) mencionan

“formar una población mundial consciente y preocupada por el ambiente y sus problemas, una población que posea los conocimientos, competencias y motivaciones que le permitan trabajar individual y colectivamente en resolver los problemas actuales y evitar que se planteen otros nuevos”

Estos autores plantean como objetivos la toma de conciencia, los conocimientos, actitudes, competencias, capacidad de evaluación y participación. Puede decirse que a lo largo de la última década la Educación Ambiental ha ampliado sus objetivos, que en una primera etapa se referían al desarrollo de actitudes, y modificación del comportamiento, hacia unos más amplios de desarrollo de competencias.

2. LAS FRÁGILES Y VULNERABLES ROCAS

Uno de los ejemplos más evidentes de lo que muchas personas considerarían actividades de Educación Ambiental en Geología son los **itinerarios** geológicos. Según la formulación que hemos discutido más arriba los itinerarios son actividades **en y sobre** el ambiente, que pueden —y en muchos casos lo hacen— incorporar también el componente **para** el ambiente, por ejemplo incluyendo paradas en canteras o puntos de extracción de áridos en las que se discuta el impacto de estas actividades así como los criterios para su regulación. Las comunicaciones sobre itinerarios constituyen una parte proporcionalmente muy importante de las presentadas en los Simposios de Enseñanza de la Geología, pero coincidimos con Anguita (1990) en que en ellas se refleja la ausencia de un planteamiento didáctico estándar; en nuestra opinión muchos de los objetivos que las y los docentes nos planteamos con los itinerarios son de carácter implícito, y es necesaria una reflexión sobre ellos que lleve a explicitarlos, y en su caso a completarlos. Un ejemplo del análisis didáctico que se podría realizar sobre el trabajo de campo es contrastar afirmaciones que se han venido haciendo repetidamente sin comprobación empírica, como hacen Orion y Hofstein (1991) con la que asegura que los estudiantes tienen actitudes positivas ante el trabajo de campo.

Una de las líneas sobre la que estamos trabajando en la actualidad (Brañas 1994) es las diferencias entre las actitudes de las y los estudiantes ante la conservación de diferentes entidades naturales, ya que nuestra hipótesis de trabajo es que

el interés por la conservación de entidades geológicas (rocas, minerales, suelo etc) es menor que el interés por la conservación de animales y plantas. Cuando se habla de protección de la naturaleza, o de agresiones al medio se piensa normalmente en la flora y la fauna, pero como dicen Rosell y Trilla (1976)

*“Nuestra capacidad de agresión, ciertamente, resulta particularmente alta frente al mundo de los seres vivos, animales o plantas, ya que está constituido por estructuras relativamente delicadas y vulnerables (...). Pero esto no quiere decir que, sobre todo en la actualidad, no seamos también capaces de introducir alteraciones respetables en este otro mundo más sólido que es el medio geológico. Más sólido, pero por lo mismo **menos plástico**: no cicatriza, no se recupera de las agresiones, o tarda tantos siglos en hacerlo que, para nosotros, es como si no lo hiciera. El medio geológico, está claro, también es un medio natural. Y **no invulnerable**”* (subrayados nuestros)

Como sucede en otros campos en la Enseñanza de las Ciencias, este escaso desarrollo de actitudes no está aislado, sino relacionado con otros problemas, como puede ser una comprensión inadecuada del **tiempo** geológico (Pedrinaci 1993), concepto clave en la valoración del problema que supone, por ejemplo, una **extracción** incontrolada —y por incontrolada queremos decir sin limitación de número de toneladas anuales, o sin regulación de la tasa de incremento respecto al año anterior— de granito u otra roca de unas canteras. Para muchas personas que se opondrían a que un número elevado de árboles en esa misma zona fuesen talados, una extracción masiva, del tipo de la que está llevándose a cabo en muchas canteras de Galicia, no plantea problemas. Sin embargo, un árbol puede crecer en un período de tiempo comparable con la vida humana, mientras que una cantera no tiene capacidad de recuperarse en un período mil veces mayor.

Uno de los problemas ambientales más graves con los que se enfrenta el planeta —y a la vez uno de los menos conocidos— es la desaparición de los **suelos**. Su gravedad reside por una parte en la pequeña proporción del conjunto de la superficie de la Tierra que es suelo cultivable (11 %), o potencialmente cultivable (un 13 % más, según Myers 1994), mientras que el resto no lo es, bien debido a las sequías, al exceso de humedad, al frío o a la escasez de nutrientes. Por otra parte la lentitud del proceso de formación de suelos dificulta su recuperación cuando son degradados o destruidos: aunque la velocidad varía en diferentes situaciones, una aproximación puede ser entre 100 y 1.000 años para la formación de un centímetro de suelo (Myers 1994). Uno de los factores que influyen en el ritmo de la edafogénesis es la temperatura, y si en los trópicos un suelo puede tardar en formarse unos 10 millones de años, en los climas fríos el tiempo puede ser diez veces mayor (Macías 1992).



Algunas de las principales causas que provocan la degradación o destrucción de suelos son naturales, como las lluvias torrenciales o los huracanes y tormentas; pero otras están relacionadas con el impacto humano: las talas de los bosques dejan el suelo sin protección frente a la erosión, y lo mismo sucede con los incendios; el envenenamiento por diferentes productos químicos o la sobreexplotación convierten en áridos suelos que antaño fueron cultivables, y el empleo para usos no agrícolas (construcción de viviendas, por ejemplo) de tierras cultivables ha causado enormes pérdidas en las últimas décadas; por ejemplo se calcula que en Estados Unidos entre 1945 y 1975 la mitad de la superficie cubierta por asfalto y cemento era cultivable (15 millones de hectáreas de un total de 30).

El uso tradicional de la tierra distinguía claramente las tierras cultivables del fondo de los valles, de las destinadas a la edificación de viviendas en las laderas, y a la explotación forestal, situadas más arriba. En algunos países la preocupación por la conservación de los suelos ha llevado a regular legalmente este uso, prohibiendo la edificación en suelos cultivables, calificados como agrícolas. No ha sucedido así en España, y por ejemplo en Galicia, donde la creación de infraestructuras turísticas ha comenzado con bastante retraso respecto a otras zonas, está produciéndose una invasión de las tierras cultivables por parte de apartamentos y segundas residencias. Estas regulaciones legales no son una cuestión sencilla, pero creemos que son indispensables si queremos evitar la desertificación.

Otra cuestión de importancia es la explotación y conservación de los **acuíferos**. Este problema, como otros relacionados con la agricultura, puede trabajarse en clase en un marco en el que la Ciencia y la Técnica se presentan, no de forma unilateral, sino contemplando sus aspectos complementarios de beneficios y riesgos (Perutz 1987), lo que implica que las decisiones a tomar no siempre son fáciles. Un ejemplo de salinización del suelo y agotamiento de los acuíferos es el de Almería (García-Dory 1991), donde la proliferación de los cultivos de invernadero desde los años 60, que ha producido un espectacular desarrollo económico, ha conducido por un lado al agotamiento de los acuíferos por sobreexplotación, situación que el IGME ya había predicho en 1970, y por otro a la salinización del agua, que ha llevado al abandono de 450 sobre 1.100 pozos. Como indica García-Dory, sólo una modificación sustancial del concepto de desarrollo puede llegar a asegurar un futuro estable en estas zonas.

3. TRABAJANDO CON PROBLEMAS AMBIENTALES

El análisis de algunos de los problemas -u otros semejantes- que hemos apuntado en el apartado anterior, puede constituir una de las formas de incorporar la Educación Ambiental en la

enseñanza de las Ciencias de la Tierra. Algunas orientaciones que nos parecen de utilidad a este respecto son:

- El interés de trabajar con problemas **locales**: las y los estudiantes sentirán una mayor motivación hacia el trabajo sobre cuestiones que afecten a su ciudad o comarca. Un ejemplo puede ser la simulación de Vázquez (1989) sobre una cantera del Pindo, basada en un problema real. Un trabajo posterior es el análisis de la dimensión global que presentan muchos de estos problemas locales.

- La necesidad de reconocer la **complejidad** de los problemas ambientales. Muchos de ellos son ejemplos de causalidad múltiple, no única, y en relación con esto, la solución a darles no siempre es sencilla. Un ejemplo citado por Lucas es la polémica originada en el Reino Unido sobre la substitución de las botellas de vidrio para la leche por envases de cartón. Si bien la utilización del cartón comportaba el gasto de pasta de papel, el estudio de impacto mostró que el lavado de las botellas, debido a las altas temperaturas y los productos utilizados, comportaba un impacto ambiental más grave. Una de las soluciones apuntadas consistía en fabricar los envases a partir de cultivos especiales con alto contenido en celulosa (y no de madera procedente de talas de bosques).

- Reconocer el carácter **conflictivo** de los problemas ambientales, tanto en cuanto a la dimensión social de los mismos, que en ocasiones puede llevar a enfrentamientos con determinadas instancias (empresas, administración), como en cuanto a la dimensión personal, ya que una mayor protección y defensa del medio ambiente implica renunciar a determinadas cosas, por ejemplo transporte privado en favor del público, ahorro de recursos etc.

En el anexo se incluyen los materiales de un taller sobre un suceso real ocurrido en Galicia en 1989: varios episodios de mortandades masivas en una piscifactoría (Macías y Calvo 1992). Quizá en este punto sería interesante realizar las actividades que se proponen en el anexo, antes de seguir leyendo.

Es posible que la lectora o el lector haya llegado a las mismas conclusiones que los expertos, pero en un primer momento la hipótesis considerada más probable atribuía la responsabilidad a la central térmica de As Pontes, relacionando este efecto con el producido en el río Eume en las proximidades de la central, donde desapareció la actividad biológica en un tramo de 6 km.

Sin embargo el estudio de la cuenca del río, en concreto del sustrato geológico, y del corte efectuado debido a la ampliación de la carretera N-640 (a unos 7 km de la piscifactoría) dejó al descubierto pizarras y gneises anfibólicos con pirritas, cuyos escombros quedaron acumulados en depósitos próximos al cauce del río. Las aguas ácidas se originaban durante los períodos de lluvias. Como indican Macías y Calvo (1992) es ne-



cesario realizar en los estudios de impacto, el análisis geológico y químico de los materiales (y no sólo de sus propiedades mecánicas).

Entre los objetivos del taller se cuenta el desarrollo de la capacidad de comparar distintas hipótesis, evaluando su plausibilidad de acuerdo con los datos disponibles. Estamos de acuerdo con Walter y Reisner (1992) en que el proceso de formación de opinión –en este caso sobre un problema ambiental – presenta muchas analogías con la comprobación de hipótesis en la construcción del conocimiento científico.

Otra forma de integrar la educación ambiental en el trabajo del aula puede ser la discusión explícita de las razones por las que es necesario conservar animales, plantas o entidades geológicas, ya que como han puesto de manifiesto diferentes estudios, las opiniones y actitudes de los estudiantes ante estos problemas suelen estar más influidas por campañas que han tenido eco en los media, que por argumentos razonados.

Como ejemplo de esta línea sobre la que estamos trabajando en la actualidad son los datos preliminares que aparecen en la Figura 1 y que ponen de manifiesto las diferencias entre las actitudes acerca de la conservación de diferentes entidades naturales. La muestra son estudiantes de 3er curso de Magisterio (especialidad Ciencias y Matemáticas). Se han agrupado “muy de acuerdo” y “de acuerdo”, así como “muy en desacuerdo” y “en desacuerdo”

Las respuestas a los cuatro ítems parecen indicar esta mayor influencia de campañas que apelan a motivos sentimentales (el sufrimiento de los pollos en las granjas, o las campañas contra los abrigo de piel), mientras que en una cuestión de tanta gravedad para Galicia como la pérdida de tierra cultivable, ni siquiera el 50 % está de acuerdo con medidas proteccionistas. Un estudio de Walter y Reisner (1992) sobre opiniones acerca de cuestiones relacionadas con la agricultura

encontró proporciones relativamente altas de estudiantes que afirmaban no tener una opinión formada sobre los problemas de erosión del suelo. Como afirman estos autores tener una opinión no es garantía por sí sola de acción, pero es de esperar que sea un factor más en la formación de una ciudadanía más informada, y de mejores profesionales.

BIBLIOGRAFÍA

- Anguita F. (1990). Diez años de simposios. *Actas VI Simposio sobre Enseñanza de la Geología*. Tenerife, Septiembre 1990.
- Brañas M. (1994). *Actitudes de los estudiantes sobre la conservación de diferentes entes naturales*. Trabajo inédito, Tercer ciclo, Depto. de Didáctica das Ciencias Experimentais, Universidade de Santiago de Compostela.
- García - Dory M.A. (1991). El impacto de la agricultura intensiva en el campo de Dalias. *Quercus* nº 59 pp 43 - 55.
- Giordan A. y Souchon C. (1991). *Une Education pour L'Environnement*. Z' Editions, Nice.
- Greenall Gouchon A. (1992). Environmental Education as a challenge to Science Education in Schools. Comunicación en el *Congreso de AERA*, San Francisco.
- Lucas A.M. (1980). Science and Environmental Education: pious hopes, self praise and disciplinary chauvinism. *Studies in Science Education* 7 pp 1 - 26.
- Lucas A.M. (1992). Educación Ambiental para unha era nuclear. *Adaxe* 8 pp 123 - 136.
- Macías F. (1992). Geología y Medio Ambiente. Conferencia en el *VII Simposio sobre Enseñanza de la Geología*. Santiago de Compostela.
- Macías F. y Calvo de Anta R. (1992). Construcción de infraestructuras lineares en materiales con sulfuros: un ejemplo de impacto ambiental sobre el Medio acuático. *Actas II Simposio Nacional sobre Carreteras y Medio Ambiente*, pp 53 - 61.
- Myers N. (1994). *Gaia, el atlas de la Gestión del Planeta*. Tursten, Hermann Blume. Madrid.
- Orion N. y Hofstein A. (1991). The measurement of Students' attitudes towards scientific field trips. *Science Education* 75 (5) pp 513 - 523.
- Pedrinacil E. (1993). La construcción histórica del concepto de tiempo geológico. *Enseñanza de las Ciencias* 11 (3) pp 216 - 222.
- Perutz M. (1987). The impact of Science on Society: the challenge for education. En Lewis y Kelly (ed) *Science and*

N = 34					
	Muy de acuerdo	De acuerdo	No estoy seguro /a	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
La ley debería prohibir edificar en tierras cultivables (de labor)		14	11	9	
Es mejor mantener los pollos en jaulas en las cooperativas para que sean baratos		4	10	20	
Es necesario conservar todas las especies de plantas de la Tierra		31	1	2	
Está bien usar abrigo de piel, siempre que los animales sean de granja		6	6	22	

Figura 1 Actitudes ante la conservación.



ANEXO

¿QUIÉN MATÓ A LOS PECES DE XESTOSA?

Ficha 1.- PROBLEMA: MUERTE DE SALMONES Y TRUCHAS

La Piscifactoría de Xestosa está situada en Orol (Lugo) en el norte de Galicia, y toma agua del río del mismo nombre, cerca de su confluencia con el Landro. En ella se crían truchas y salmones.

En 1989 se produjo una mortandad prácticamente total de los peces, y a este episodio siguieron otros similares que causaron cuantiosas pérdidas económicas.

Los episodios de mortandad coincidieron con períodos de fuertes lluvias.

Ficha 2.- ANÁLISIS DE AGUAS

En Diciembre de 1989 se realizaron análisis de las aguas, comparando los de ambos ríos, tanto respecto al pH como respecto al nivel de sulfuros, con resultados que aparecen en la tabla 1. También en junio de 1990 se realizaron análisis, tras un período de escasas lluvias (tabla 2)

Localización	pH	sulfuros (mgL ⁻¹)
río Xestosa	5.1 - 5.2	0.63
piscifactoría	5.1 - 5.2	0.59
río Landro	5.1 - 5.2	0.14

Tabla 1 Análisis de pH y sulfuros en el agua. Diciembre 1989

Localización	pH	SO ₄ ⁼
río Xestosa (Corralvello)	6.7	0.9
río Xestosa (P.Requeixo)	6.7	1.8
piscifactoría	6.5	1.7

Tabla 2 Análisis de pH y sulfatos en el agua. Junio 1990

Los análisis de Junio indican también que se trata de aguas desionizadas, con predominio de procesos oxidativos, lo que significa que los sulfuros tienen tendencia a ser eliminados por oxidación, y que no es posible la existencia de procesos de reducción de los sulfatos en el río.

Ficha 3.- INFORME DEL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGRARIAS (INIA)

En Febrero de 1990 el INIA emitió un informe sobre el estudio de los animales muertos, y de la calidad de las aguas. Extracto:

"Diagnosticándose el proceso como una intoxicación letal aguda por sulfuros, acompañada de un proceso de tipo crónico debido a la disminución del pH."

En cuanto al estudio de los peces muertos, concluyen que el proceso crónico debido a los bajos valores de pH no es letal, mientras que la mortandad estaría justificada por la intoxicación producida por los sulfuros.



Para averiguar el origen de los sulfuros el INIA amplió el estudio, tomando muestras en Enero y Febrero de 1990 en 12 estaciones en una primera fase y en 15 en la segunda. Estos resultados fueron comparados con los de muestras recogidas en lugares externos al río (regatos, charcas, agua de lluvia). Algunos resultados aparecen en la tabla 3.

Localización	pH	sulfuros
Xestosa 1 (Curralvello)	6.37	
Xestosa 3 (P. requeixo)	5.27	
piscifactoría	5.43	0.55
río Landro	5.45	0.44
regatos, charcas	4.13 - 5.90	0.06 - 0.41

Tabla 3 Muestreo realizado en febrero 1990

También se estudiaron invertebrados bénticos que se utilizan como indicadores biológicos: en todos los puntos de muestreo, excepto en Curralvello, se observó la ausencia de este tipo de organismos, lo que indica que la calidad biológica del tramo estudiado "había sufrido una alteración de grado máximo".

CONCLUSIONES DEL INFORME

- En cuanto al pH:

"existe una importante disminución del pH a partir de cierto punto, diferente en cada muestreo" (...)" (la disminución del pH) se trata de un proceso generalizado de toda la zona estudiada no atribuible a un vertido puntual"

"... nos permiten considerar como principal responsable de la disminución del pH (...) un proceso de mineralización rápida de los compuestos orgánicos, favorecido por las elevadas concentraciones de oxígeno disuelto. Este proceso originaría grandes cantidades de CO₂ que al disolverse y disociarse en el agua modificaría el equilibrio."

- En cuanto a los sulfuros

"Los sulfuros aparecen en las muestras de agua como consecuencia de la presencia en el agua de un compuesto o compuestos ricos en azufre que llegaría al agua a través del aire y que serían degradados a sulfhídrico. Dadas las elevadas concentraciones de O₂ disuelto la oxidación parece un camino más probable que la reducción, lo que supondría un compuesto o compuestos de tipo orgánico. (... hay que) considerar otras posibles fuentes."

Conclusiones

"El origen de ambas alteraciones es ajeno al medio acuático, y debe buscarse bien a nivel de suelos (de los que llegarían a las muestras de agua de lluvia por erosión y arrastre eólicos), bien como consecuencia de contaminaciones atmosféricas".

Ficha 4.- POSIBLES HIPÓTESIS SOBRE EL ORIGEN DE LOS SULFUROS Y LAS CAUSAS DE LA DISMINUCIÓN DEL pH

Hipótesis 1 Desagües: vertidos directos

- Vertidos sin depurar, procedentes de industrias, o de concentraciones urbanas. Si los vertidos contienen compuestos orgánicos ricos en azufre, estos por oxidación producirían CO₂, y además al degradarse podrían dar lugar a sulfhídrico.

Hipótesis 2 Contaminación de los acuíferos

- Contaminación causada por aguas residuales de granjas de cerdos o vacas, o por deficiencias en las fosas sépticas de viviendas rurales. Paso de los compuestos orgánicos al río en lugares donde vierten a él manantiales o fuentes, y proceso similar al de la hipótesis 1.



Hipótesis 3 Contaminación del suelo debido a los abonos

- Contaminación causada por abonos con sales amoniacales y purines empleados por los agricultores.

Por ejemplo, un estudio realizado en Alemania para determinar las causas de la acidificación de los suelos, concluyó que estos fertilizantes eran responsables de un 80 % de la acidificación (el otro 20 % se debía a las centrales térmicas).

La lluvia podría arrastrar estos productos hasta el río y otros lugares próximos.

Hipótesis 4 Exposición de rocas con materiales ricos en sulfuros

- Contaminación causada por la puesta en superficie de rocas que contienen sulfuros (por ejemplo piritas), al abrir una carretera o pista en la cuenca del río.

Por ejemplo, un estudio realizado cerca de Santiago al abrir la autopista A-9, sobre esquistos y anfibolitas que contenían pirita, calcopirita y pirrotina. Se produjeron bajos valores de pH, y concentraciones anómalas de Al y metales pesados.

La lluvia podría favorecer la oxidación de los sulfuros, originando aguas muy ácidas que serían arrastradas al cauce del río.

Hipótesis 5 Deposición atmosférica y lluvias ácidas de la Central Térmica de As Pontes de García Rodríguez

- Contaminación causada por los óxidos de azufre emitidos por la Central Térmica. La concentración de SO_2 en este caso es elevada debido al combustible utilizado: el propio lignito de la mina de As Pontes, con un contenido de S del 3 al 5 %, y además encajonado en una cubeta de pizarras que contienen piritas. (En la actualidad se está substituyendo este lignito por carbón importado con escaso contenido en S).

Este SO_2 (junto con los óxidos de N) es susceptible de ser oxidado en la atmósfera, originando las lluvias ácidas, que suponen arrastre de los ácidos sulfúrico y nítrico.

En el agua sería posible la reducción del SO_2 a ácido sulfhídrico, que se disociaría para dar iones sulfuro.

También es posible la deposición (seca) de compuestos ricos en S sobre la superficie de suelo y plantas; al degradarse liberarían ácido sulfhídrico que sería arrastrado al agua por medio de la lluvia.

Ficha 5.- ANÁLISIS DE LOS DATOS Y COMPARACIÓN DE LAS HIPÓTESIS

Estudiad cada una de las hipótesis, o las que hayan sido asignadas a vuestro grupo. Para cada una de ellas indicad

- qué datos son consistentes con ella y cuáles no.
- qué rasgos explica respecto de las mortandades y cuáles no.
- qué nuevos estudios o análisis habría que realizar para comprobarla o falsarla.
- qué datos aportados por estos estudios o análisis serían determinantes para comprobar o falsar la hipótesis.

¿Se os ocurre alguna otra hipótesis que pudiese causar estos fenómenos?

