

## CORTEZA TERRESTRE Y LÓGICA DE LA ECONOMÍA DE MERCADO: ¿CONTRADICCIÓN INSALVABLE O RELACIÓN SOSTENIBLE? *Earth crust and logic of market economy: unsaved contradiction or sustainable relationship?*

*Alexandre Leite\*, Aurora Futuro\*, Luís Marques\*\*, António Soares\*\*\* y João Praia\*\*\*\**

### RESUMEN

*Los tiempos modernos parece que se encuentran dominados por una economía de mercado donde impera la lógica consumista con todas las consecuencias que conlleva para el sistema planetario en el cual la Tierra existe.*

*Cuando empiezan a agotarse muchos de los conceptos asociados al llamado desarrollo sostenible, falta, en nuestra opinión, la vertiente educativa de ese desarrollo, como único camino para invertir la tendencia actual de los fenómenos ambientales.*

### ABSTRACT:

*Present times are dominated by a market economy based on a consumist logic. This logic has tremendous implications on the systems of our planet. Most part of concepts related to sustainable development are being waste. Na adequate environmental education supporting the values and arguments of that sustainable development is an important way contribute to the reversing of this situation.*

**Palabras clave:** *corteza, geosistemas; sustentabilidad, educación ambiental, trabajos prácticos.*

**Keywords:** *crust, geosystems; sustainable development; environmental education, practical activity*

Contaminad vuestros ríos y una noche morireis  
ahogados en vuestros residuos

*Poema Ecológico, JEFE SATTLE - 1854*

### INTRODUCCIÓN

Desde el principio de la humanidad, el hombre posee apetencias únicas en el contexto general de la vida en la Tierra.

Sacando partido de sus capacidades físicas, principalmente moviéndose sobre dos piernas y poseyendo el dedo pulgar oponible a los otros cuatro, asociándole la inteligencia y la creatividad de las cuáles está dotado, el hombre enseguida comenzó a sacar partido de los recursos naturales que abundan en la fina corteza terrestre y a usarlos, transformándolos para su provecho.

Una forma de materializar la finura de la corteza se puede conseguir haciendo una reducción de escala del tamaño de la Tierra para el tamaño de una manzana. La corteza puede compararse a la piel de esta manzana (Fig. 1). Es sobre la corteza que la vida encuentra sustento.



*Fig. 1.*

La población humana ha ido aumentando en número a lo largo de los tiempos, siguiendo una ley exponencial. Para que podamos comparar mejor la ma-

(\*) Departamento de Ing. de Minas, Universidad de Oporto

(\*\*) Departamento de Didáctica y Tecnología Educativa; Universidad de Aveiro

(\*\*\*) Departamento de Geociencias; Universidad de Aveiro

(\*\*\*\*) Departamento de Geología; Universidad de Oporto

nera cómo la población de la Tierra crece, pensemos en la cantidad de veces que sería necesario doblar una hoja de papel de 0,1 mm para obtener un espesor total de hojas equivalente a la distancia media de la Tierra a la luna (385000 Km.). Serían suficientes cuarenta y tres veces para alcanzar este espesor. La forma de crecimiento de la población es más o menos semejante a esta progresión.

El número de nacimientos en cada intervalo de tiempo es proporcional al número de seres vivos en el inicio del intervalo considerado. Ya somos más de 6 billones de personas.

Además de esta forma de crecimiento, una otra apetencia de nuestras civilizaciones tiene que ver con la tendencia para la concentración en espacios restringidos. Las tribus, lugares, villas, pueblos y ciudades son nidos donde nos concentramos. Crecemos en número y nos concentramos. Conseguimos agruparnos de tal forma que en muchos sitios ya tenemos que vivir unos encima de otros.

La lógica actual de la economía de mercado, donde impera un consumismo erróneamente asociado al concepto de calidad de vida, ha conducido a una superproducción de bienes con la consecuente producción desmesurada de residuos. Éstos van a acumularse en la tierra, en el aire y en el agua. A través de estos medios, pasarán a los seres vivos para también encontrar en ellos locales propicios a su concentración. Asistimos de esta manera a una poderosa capacidad de la vida para alterar el medio y alterarse a sí misma.

Esta capacidad no es ninguna novedad. Ya en el pasado de la historia de la Tierra, nos ha sido posible asistir a acontecimientos importantes que alteraron radicalmente las condiciones de vida reinantes.

Las conocidas cianobacterias, seres unicelulares desprovistos de núcleo, que poblaban los océanos precámbricos, durante un periodo de cerca de 800 MA (entre 2,6 GA y 1,8 GA) transformaron completamente la atmósfera del planeta, con su respiración, de un estado de anoxia pasaron a tener como elemento mayoritario el oxígeno. Y el oxígeno era un elemento tóxico para la vida de esos seres. Muchos murieron ahogados en la basura que crearon. Pertenecen a este tiempo, con una génesis relacionada con la actividad de estas cianobacterias, las colosales menas de hierro esparcidas por todo el mundo, conocidas por Banded Iron Formation (BIF's).

Un análisis de la Tierra (local donde vivimos y del cual dependemos) desde el punto de vista sistémico, permite subdividirla en 4 subsistemas: litosfera; hidrosfera, atmósfera e biosfera (o biomasa) en equilibrio dinámico entre sí. Es por eso que cualquier alteración o inestabilidad generada en uno de los subsistemas, pondría en marcha una serie de reacciones en los restantes de modo a que el equilibrio fuese restablecido. Teniendo en cuenta que estos depósitos (o subsistemas) poseen diferentes características, tenderán a comportarse de maneras diferentes, por eso las

velocidades de reacción de cada uno serán también diferentes.

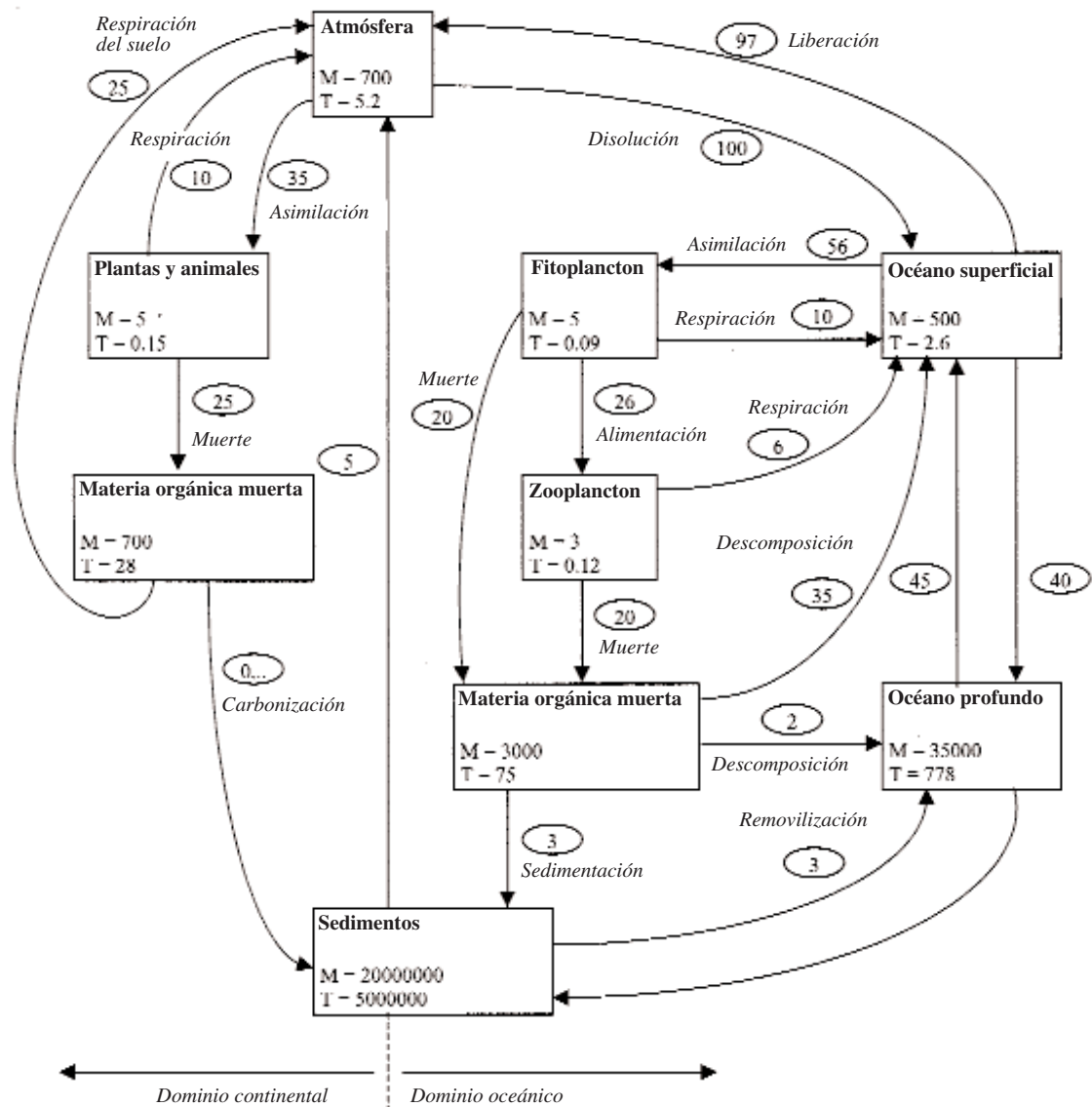
Una manera eficaz de visualizar los diferentes comportamientos de los 4 depósitos es, por ejemplo, mirar para el denominado ciclo geoquímico del carbono. El carbono es un elemento que se encuentra en todos los lados, por ejemplo: en la forma de carbonato de calcio en la litosfera, como  $\text{CO}_2$  en la atmósfera, el agua de los océanos y ríos contiene  $\text{HCO}_3^-$  y  $\text{CO}_3^{2-}$  disueltos; y la materia orgánica está constituida por un conjunto de carbohidratos.

La odisea de un átomo de carbono que viaja y reposa en los 4 rincones de la Tierra, puede contarse observando una representación del ciclo del carbono. Cada cajita (depósito) es un local de acumulación temporal del carbono y está caracterizada por la cantidad total de carbono allí existente (masa) y por el tiempo medio que un átomo allí permanece (tiempo de residencia). Estos depósitos se encuentran unidos unos a otros a través de flujos que representan la transferencia del carbono entre ellos (caudales).

Analizando la masa de carbono de los diferentes depósitos, verificamos que la biomasa únicamente contribuye con una pequeña parte en el total de este elemento existente en la Tierra (materia orgánica continental = 705 GT, materia orgánica oceánica = 3008 GT, sedimentos = 20000000 GT). Respecto a los tiempos de residencia, los números hablan por sí mismos: un átomo de carbono permanece en media 44 días en los seres vivos y 5000 000 años en el sedimento, lo cuál significa que los procesos biológicos son casi 40 millones de veces más rápidos que los procesos geológicos. Sólo esta frenética actividad al lado de una enorme eficacia de todos los procesos biológicos, nos permite explicar la enorme capacidad que la biomasa tiene para alterar los restantes subsistemas de la Tierra.

¿Qué hicieron las cianobacterias en la atmósfera e hidrosfera primitivas?

En un análisis de los flujos de carbono entre el continente y la atmósfera, es posible verificar que están en equilibrio, ya que la biomasa continental asimila 35 GT de carbono (por ejemplo a través de la fotosíntesis) de la atmósfera, pero esta cantidad se restituye en su totalidad a través de la respiración. Si dirigimos nuestra mirada hacia el dominio oceánico llegamos a la conclusión que existe un déficit en la devolución del carbono a la atmósfera, lo que significa que anualmente 3 GT de carbono son acumuladas en el océano tanto en la forma de iones disueltos, como en forma de carbonato o también de petróleo. En términos climáticos la retención de carbono en el océano resultaría positiva, ya que el  $\text{CO}_2$ , uno de los principales agentes de llamado efecto invernadero no iría contribuir a un calentamiento global del planeta. Pero además de estos dos intercambios de carbono entre los dominios continental y oceánico, existe otro flujo de 5 GT/año de carbono que corresponde a la entrada de carbono en la atmósfera resultante de la quema de combustibles.



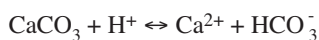
Ciclo geoquímico del carbono: masa en GT; tiempos de residencia en años; caudales en GT/año.

De esta manera deja de existir un déficit de carbono en la atmósfera para dar lugar a un enriquecimiento. El calentamiento global y las lluvias ácidas son el resultado de este aumento de CO<sub>2</sub> en la atmósfera.

La Tierra como planeta dinámico y en equilibrio tiene capacidad de absorber y de eliminar este aumento de CO<sub>2</sub>. Primero, generando lluvias ácidas:

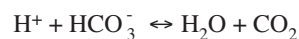
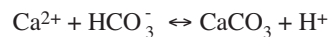


A continuación, promoviendo la disolución de los carbonatos.

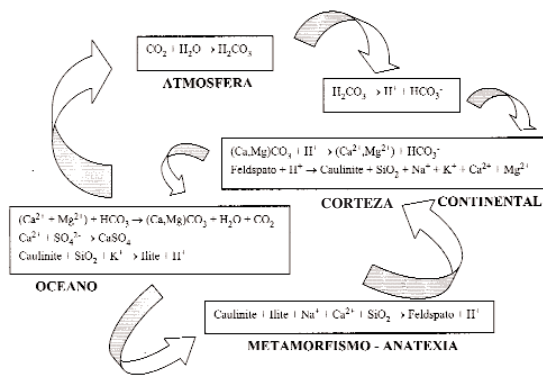


Los iones disueltos son enseguida transportados por los ríos y aguas subterráneas hacia el océano.

Una vez en el océano y dado que las condiciones físico-químicas se alteran, los iones se agrupan de nuevo y precipitan en forma de carbonato.



En conjunto, el sistema funciona como un tampón gigantesco que después de una homogenización suficiente, amortigua las variaciones de pH del océano. Por ejemplo, se calcula que la producción en los últimos 20 años de 2,5x10<sup>18</sup> gramos de CO<sub>2</sub> por quema de combustibles fósiles que podría, en una primera aproximación doblar el contenido de CO<sub>2</sub> de la atmósfera contribuiría, al fin, a producir únicamente un aumento



de 20% de ese contenido, el exceso precipitándose en el océano en forma de carbonato. Pero todos estos procesos se caracterizan por un ritmo medible únicamente en la escala de los tiempos geológicos, muy lejos del ritmo biológico de los seres vivos.

Otra consecuencia que resulta del análisis sistémico de la Tierra tiene que ver con la definición del tipo de sistema en cuestión. En la Tierra son muy reducidas las entradas de material procedente del sistema solar (solamente algunos meteoritos caen esporádicamente). Por otra parte, son pequeñas las salidas de material hacia el espacio externo (sólo una pequeña cantidad de hidrógeno se escapa de la atmósfera superior), es por eso que la Tierra se considera un sistema cerrado en el que únicamente se permiten cambios de energía. Al asumir este hecho, nos aparecen dos nuevos problemas, para añadir a los que ya anteriormente hemos referido, y que la humanidad no debe despreciar.

- ¿Qué recursos naturales tendrán las generaciones venideras? Si el sistema es cerrado, no existe entrada de nuevos materiales y los procesos geológicos que los regulan son extremadamente lentos... las futuras generaciones tendrán apenas lo que nosotros les dejemos.

- ¿Qué hacer con los residuos que diariamente producimos? Si el sistema es cerrado, éstos no podrán arrojarse al exterior, por eso tendremos que convivir con ellos. Siendo así... ¿Por qué no pensamos en reciclar y regenerar algunos, generando de esta manera nuevos recursos? Los restantes ordenémoslos en la Tierra de una manera consciente para que se minimicen sus impactos en nuestro planeta.

## EL PAPEL DE LA EDUCACIÓN EN CIENCIAS

No podemos continuar viviendo en un mundo que únicamente concede importancia a los derechos individuales. Nuestra vida transcurre dentro de una comunidad sin la cual no existiría la vida. La calidad de vida no puede asegurarse únicamente por el alimento que una persona dispone para comer, son igualmente necesarios el ambiente y la coexistencia colectiva, las responsabilidades públicas.

Rigoberta Menchu (representante de Guatemala en la Audiencia Pública de América Latina)

Hoy en día es importante subrayar la necesidad de mejorar, reforzar, y diversificar el aprendizaje de las Ciencias, formal e informal, en todos los niveles escolares y para todos los ciclos. Es de la misma manera importante integrar la Ciencia, en una perspectiva de cultura general y contribuir al desarrollo de un pensamiento crítico, ayudando al alumno, futuro ciudadano, a integrarse con empeño en los desafíos de la sociedad del siglo XXI (UNESCO, 1999).

Si la educación es una de las plataformas del desarrollo de la sociedad, también contribuye a la mejora de la calidad de vida y es un instrumento para la participación, de un modo efectivo en la profundización de la democracia y en la salvaguardia del equilibrio ambiental. De este modo, preparar los alumnos del nuevo milenio para, que de forma sustentada, participen en la búsqueda de soluciones para los diferentes problemas con los que la comunidad se enfrenta es aceptado sin ninguna reserva por la comunidad educativa, desde los investigadores, hasta inclusive los dirigentes políticos (Carrasco et al. 2001; Klemperer et al. 2001). Reconocer que esta dimensión, aunque no esté ausente, sea por lo menos todavía muy insuficiente en los programas de Educación en Ciencia en general, y en la Educación Ambiental en particular, es también una constatación destacada en la bibliografía (Hurd 1994; Hicks and Holden 1995). De acuerdo con lo anterior, debe pasarse de una perspectiva establecida en la "comprensión de la ciencia"; a otra más completa y más compleja, que es la "comprensión y aprendizaje de la ciencia" (Watts 2001). Esto supone estar atento a las realidades que nos rodean, así como una preocupación con las actitudes y los valores que deberían contribuir a la comprensión, por parte de los alumnos, de que el mundo tiene que organizarse a través de un conjunto de valores más consensuados. Muchos problemas que surgen fruto de un desarrollo económico/industrial que pretende permanentemente justificarse, a través de la búsqueda de calidad de vida, transcurren en el ámbito de la interacción de la humanidad con las restantes geosferas. Curiosamente, algunos de los problemas que saltan a la vista, acontecen sobre la corteza terrestre, la cuál no es más que una película fina donde habitamos y donde vivimos, siendo sólida y mucho más frágil de lo que podríamos imaginar.

Uno de los aspectos que más impacto hasuscitado sobre la corteza, es el aumento global de la población, con una distribución de forma bastante heterogénea entre el litoral y el interior y con enormes implicaciones, también tecnológicas (Praia et al. 2000).

La búsqueda de una visión que englobe y que congregue ésta con otras situaciones que amenazan el planeta que habitamos, exige que se identifiquen aspectos significativos cuya interrelación hay que estudiar y comprender. Veamos algunos:

- Si ha sido necesario un siglo, de 1830-1930 para que la población mundial, pasase de 1000 mi-

liones a 2000 millones, entre 1995 y 2050 serán previsiblemente añadidos a la población actual 4100 millones más de personas. Esta cifra corresponde ya a la población mundial total de 1973.

- El consumo crece continuamente como si todo el mundo, o cada país individualmente, poseyese recursos suficientes para proporcionar a las poblaciones del futuro la energía y los productos minerales que necesitan. En otras palabras, los recursos y la producción de residuos no es solamente función de los números relativos de la población, resultan del impacto combinado de la población, de los esquemas de producción preponderantes y también de los modelos de consumo.

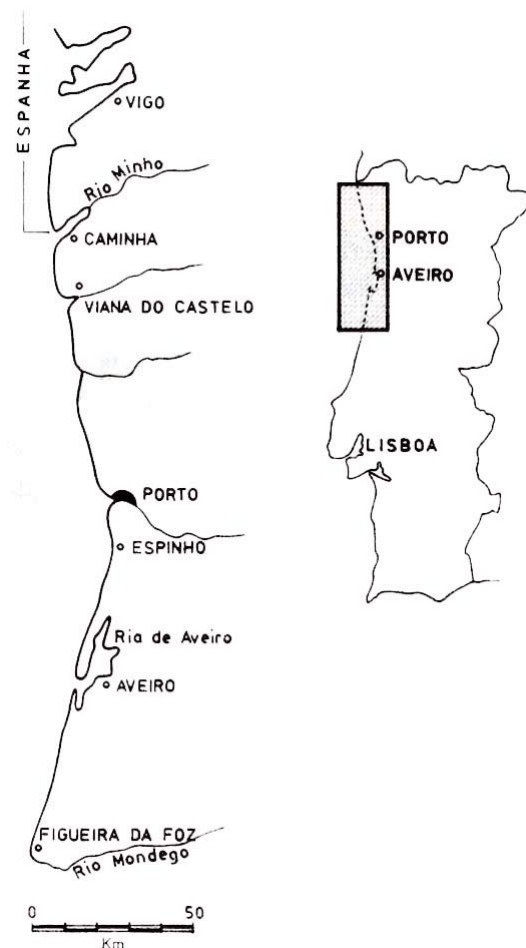
De estas evidencias surgen, precisamente, los diferentes y fuertes desequilibrios existentes entre los diferentes grupos humanos especialmente los de ámbito educativo, los cuáles dificultan el establecimiento de estrategias de enseñanza eficaces, susceptibles de contribuir a la preparación científica de quien cómo ciudadano del mundo, y en una perspectiva de universalidad, deben de tener una intervención constructiva y crítica frente a situaciones complejas del día a día.

Y es aquí donde la organización de sistemas educativos, tendrá un papel decisivo en la promoción y adopción de valores universales los cuáles son un medio de evaluar una mejora sostenible de la calidad de vida en el mundo.

A continuación de lo que ha sido expuesto, nos parece importante tener en consideración los contenidos curriculares, en particular de las Ciencias, que tendrán que ser capaces de reflexionar sobre la actualidad, la organización y una coherencia interna que los considere capaces de ser comprensibles por los ciudadanos. No podemos dejar de referirnos también a la necesidad de formación y actualización de los profesores para que puedan dar respuesta a los cambios que acontecen de forma vertiginosa.

Es en este marco de referencia que debemos situar las actividades aquí propuestas, entendidas en el contexto de las recomendaciones de la investigación en Didáctica de las Ciencias y que constituyen una estrategia posible para que se desarrolle un aprendizaje de las Ciencias y sobre las Ciencias (Wellington 2000). Con estos condicionantes se definieron los siguientes objetivos para este taller:

- a) reconocer la importancia del conocimiento de las características de la corteza en la búsqueda de soluciones para problemas ambientales cotidianos.
- b) sensibilizar sobre la necesidad de frenar la lógica de mercado predominantemente consumista que caracteriza la sociedad humana y sus interferencias en el equilibrio dinámico de la Tierra.
- c) discutir la inclusión en el currículo de perspectivas científicas que contribuyan a afrontar los desafíos que se presentan a la sociedad del nuevo siglo.



## ACTIVIDADES PRÁCTICAS

La consecución de los referidos objetivos pasa por cinco actividades en íntima relación con:

### 1) La evolución y distribución, litoral e interior de la población en la Península Ibérica

La expresión “cambio sin precedentes” con relación al crecimiento de la población mundial, representa particularmente las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial. De este modo, si entre 1830 y 1930 el crecimiento fue de mil millones de seres humanos, fueron necesarios, en el periodo de pos-guerra, 35 años para añadir mil millones más y después, durante 14 años, este número se multiplicó por 4 hasta que finalmente, el crecimiento de 5 mil millones se consiguió alcanzar en un periodo de 13 años (C.I.P.Q.V.). Es necesario subrayar que este crecimiento aceleradísimo conlleva un problema adicional relativo a la distribución de la población en sí. Lo que de hecho sucede, es que por razones diversas, económicas, sociales y otras, una parte considerable de la humanidad se sitúa próxima al litoral, tal hecho implica una alteración de la capacidad de carga (Begon 1990). Lo que aquí se entiende como capacidad de carga (carrying capacity), en el sentido

de la población máxima de una determinada especie que su ambiente puede sostener indefinidamente. Si bien es verdad que en términos políticos tenemos que considerar la población en cuanto a número, no podemos de igual modo dejar de considerarla en su objetivo primario: mejorar la calidad de vida de la población en cuanto personas.

En relación al desarrollo de la actividad que nos concierne, partiendo de software adecuado, de una base de datos y de mapas topográficos, cartográficos y geográficos, se procede a la elaboración de un conjunto de gráficos susceptibles de proporcionar de manera clara una perspectiva de la variación de la población en la Península Ibérica a lo largo de las últimas décadas. A continuación los grupos de trabajo harán un análisis de la distribución de la población entre las zonas interiores y litorales, deduciéndose cuestiones relativas a las implicaciones de la heterogeneidad constatada, algunas de las cuales se analizarán más detalladamente en actividades subsecuentes.

Finalmente abordaremos la cuestión relativa a las variaciones estacionales de la población, particularmente en las regiones litorales, lo cual posibilitará la discusión de aspectos de naturaleza socio-económico-cultural con impacto ambiental.

## **2) El problema de la preservación de un sector de la costa portuguesa: un caso de estudio**

Se comenzará por distinguir “línea de costa” (concepto adecuado en términos cartográficos) de franja costera (concepto adecuado en el estudio de los procesos morfogenéticos del litoral). Se presentará después la franja costera entre Espinho y Mira (litoral oeste entre Oporto y Figueira da Foz) la cual es relativamente reducida pero con una problemática generalizable.

Recordaremos que el final de la última glaciación cuaternaria marca una progresiva, además de irregular, subida del nivel medio de las aguas del mar, en el encuentro del Atlántico frente a la costa occidental portuguesa. Esta subida lenta prosigue hoy y es un hecho que debemos de tener siempre presente.

A esta variación secular del nivel del mar (1,5 a 2,0 mm/año) debemos añadir:

a) las elevaciones de corto periodo (algunos segundos) más repetitivas, debido a ondas de gran altura producidas en el transcurso de temporales violentos (hasta 17 metros con periodo de retorno de 5 años, hasta 20 m. con periodo de retorno de 25 años, más de 20 m con periodo de retorno de 50 años);

b) elevación de corto a medio plazo (storm), de origen meteorológico (hasta 1,2 m en Aveiro en el temporal de 1981), eventualmente contemporáneas de mareas altas;

c) tsunami (¡recuérdese el de 1755!)

Debemos tener también presente que el predominio de los vientos de NW para SE tiene su origen

en una corriente de deriva litoral (N14E), cuya energía es en gran parte disipada por el transporte de arenas suministradas por los ríos septentrionales portugueses. Un exceso o un déficit en el suministro de estas arenas originaría, respectivamente, un “aumento” o una “disminución” de las playas.

Notaremos que el abastecimiento fluvial de arenas en el litoral oeste portugués ha sido drásticamente reducido a partir de mediados del siglo XX por la construcción de numerosos embalses resultando indispensables para fines industriales (producción de energía eléctrica particularmente importante en un país desprovisto de petróleo, de gas y de carbón) y agrícolas (método de riego). ¿Se debería haber limitado la construcción de embalses? ¿Opción política obviamente delicada!

Más recientemente, la ocupación turística del litoral, muy rápida y desordenada, ha interferido negativamente en el equilibrio dinámico de la faja costera, obligando a una construcción de pesadas, costosas e ineficaces, a plazo, obras de ingeniería (espaldones, compuertas, diques, presas, etc.) ¿Se debería frenar el desarrollo turístico? ¿Opción política obviamente delicada!

También recientemente, el crecimiento urbano galopante ha conducido a una desenfrenada extracción de arenas, necesarias a la construcción civil, pero reductoras de la alimentación de las playas. ¿Tendrá que frenarse la construcción civil? ¿Opción política obviamente delicada!.

Las actividades propuestas para este taller son básicamente de naturaleza observable e interpretativa de tipo “estudio de caso” conteniendo en si mismas indicadores susceptibles de utilización en el aula, laboratorio o hasta campo. Se utilizarán documentos de ámbito de regional y local.

En el primer caso se estudia:

- la evolución post glacial de la línea de costa del centro oeste de Portugal

- la limitación, a través de presas hidroeléctricas e hidroagrícolas en el área del área de drenaje fluvial para la costa oeste portuguesa.

En el segundo caso se analizan:

- fotografías aéreas antiguas y recientes del litoral, mostrando el retroceso de la línea de costa;

- mapas con interpretación por detección remota de la costa Espinho-Mira;

- fotografías de campo mostrando la movilidad del cordón de dunas en este sector de la costa.

## **3) La humanidad y los recursos minerales.**

Se puede afirmar con cierta seguridad, que una de las primeras actividades del Hombre ha sido la recolección de materias primas naturales así como su uso para diversas finalidades. Desde el origen de la humanidad, la observación, la recogida y el uso de

objetos naturales satisfacían muchas necesidades de los homínidos. Desde entonces, los actos de creatividad fueron evolucionando, introduciéndose la selección en la recogida y transformación de materia prima con vistas a la obtención de artefactos sucesivamente más eficaces para sus necesidades. Las piedras talladas, los huesos y pieles de animales, la utilización de grutas para su abrigo, son manifestaciones brillantes de creatividad y de ingenio humano. Cada época de la historia se encuentra caracterizada por realizaciones perennes del Hombre. En todas ellas existió siempre la capacidad de inventar o de crear nuevos objetos a partir de los recursos ofrecidos por la naturaleza, pero siempre con una finalidad única: la mejora de las condiciones de vida.

¿Qué sería de este pequeño texto si no existiese un ordenador para procesarlo? El hardware del computador es un resultado de la manipulación de un gran número de recursos minerales, como por ejemplo, el estaño (Sn), el cobre (Cu), el petróleo, el hierro (Fe), etc.

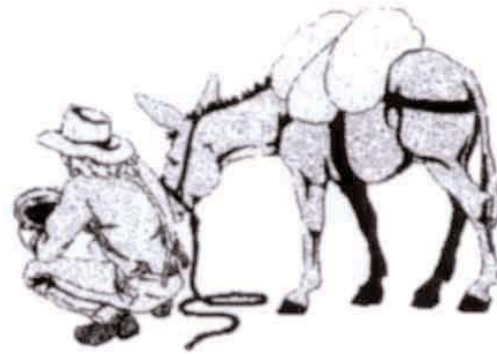
Centrémonos en uno de estos elementos, el Sn y veamos su trayectoria desde el momento de la formación de un yacimiento de casiterita hasta su transformación en metal.

Muchos depósitos minerales pesados, como por ejemplo la casiterita ( $\text{SnO}_2$ ) y otro (Au), se encuentran en aluviones (placeres). Este género de yacimientos resulta de la concentración mecánica de los minerales pesados generada por la acción de las corrientes de los ríos o de las olas en la playa. Los minerales más densos se hunden más rápidamente que los minerales más livianos, como por ejemplo el cuarzo, es por ello que tienen tendencia para acumularse en el fondo de los ríos, donde la corriente es suficientemente fuerte para transportar los minerales más livianos, pero demasiado débil para transportar los más densos. Pero este sencillo proceso mecánico de generación de un yacimiento de aluviones, es únicamente la última fase de un largo y complicado camino que se inicia en el interior de la corteza con la formación de algunas rocas ígneas, que la tectónica de placas coloca en la superficie en una cadena de montañas y que la meteorización destruye, generando un indefinible número de pequeñas partículas que los ríos transportan y concentran en determinados lugares.

Este yacimiento tiene un contenido en Sn casi 2000 veces superior al contenido medio de este elemento en la corteza (Clarke en la corteza = 0.00015%; Contenido explotable: 0.30%), esto es el resultado de la concentración gravítica de la casiterita (densidad de la  $\text{SnO}_2 = 7$ ; densidad del cuarzo = 2,6).

A pesar de este enriquecimiento la concentración en Sn continua demasiado baja para que la metalurgia lo pueda procesar. Por ello el hombre tiene que continuar el trabajo de la Naturaleza y continuar la concentración.

La imagen romántica del garimpeiro con su batea caminando a lo largo de los lechos de los ríos, en busca de una pepita de oro, corresponde a esta nueva



fase de transformación. Cuando el garimpeiro llena la batea con sedimentos y agua y de una manera rítmica la agita y sumerge en el río, su único objetivo es conducir el oro para el fondo de la batea y traer para la superficie la arena que es más liviana.

En la preparación de las sustancias minerales, el trabajo de los ríos en la concentración de las sustancias minerales densas, de igual manera que el trabajo del garimpeiro se reproduce en los procesos de tamizado. El tamiz es un concentrador mecánico que efectúa la separación de granos de minerales pesados de los minerales leves, utilizando la diferencia de la capacidad de los granos para penetrar en un lecho semiestacionario. Se trata esencialmente de una caja con un fondo perforado y sin tapa en la cuál los minerales son estratificados en capas debido a la acción de corrientes de agua que pueden ser ascendentes y/o descendentes.

Las sustancias minerales (concentrado) están ahora listas para proseguir su camino hacia la metalurgia donde se fundirán e integrarán en aleaciones por ejemplo, para producir las soldaduras de nuestros ordenadores.

De este modo, proponemos un trabajo práctico en el que podremos abordar de manera experimental, los aspectos geológicos de la génesis de yacimientos aluviales de casiterita y la respectiva explotación, tratamiento mineralógico y aprovechamiento tecnológico articulando estos aspectos con implicaciones sociales centrados en la tasa de utilización y de reposición del estaño.

#### 4) Interacción atmósfera hidrosfera e biosfera

La perspectiva sistémica del Planeta es hoy una preocupación de Enseñanza de las Ciencias (Mayer 2001) y está particularmente reflejada, a nivel de articulación entre las varias actividades que integran este taller, y específicamente en algunas de ellas, como sucede con la presente.

El principal objetivo de esta actividad se centra en la posibilidad de construir una visión interactiva entre las diferentes esferas, partiendo de una de las entidades que las interrelaciona que es el agua. Curiosamente, es el agua la responsable de algunas de las características muy específicas de nuestro Plane-

ta. Por ejemplo, la reflexión de la luz solar sobre la inmensa superficie de agua que constituye la hidrosfera, origina la esplendorosa mancha azul que individualiza la Tierra cuando se percibe del espacio. Fue también en el agua donde se estableció el lecho de la vida y el agua constituye una parte muy substancial de la masa de los organismos que forman la biosfera. Por otro lado tiene sentido subrayar que los rayos solares, a pesar de los 150 millones de kilómetros de distancia recorrida, cuando llegan a la Tierra son el motor calorífico del planeta que habitamos, al liberar una potencia de 130 trillones de caballos.

Partiendo de una cubeta de evaporación (depósito circular de chapa de hierro con un diámetro aproximado de 1,20 m. y de 25 cm. de altura) se procede a un estudio de los procesos que ocurren a la superficie libre del agua cuando está expuesta a las condiciones atmosféricas y, de alguna forma, catalizada por la acción de la radiación solar.

Utilizando instrumentos como el anemómetro (medición de la velocidad del viento) y el odómetro (medición de la temperatura en función de la evaporación), es posible proceder a un estudio del efecto de radiación solar, considerándola como un factor decisivo en el ciclo hidrogeológico, aunque no el único. Porque la radiación solar posibilita que las moléculas de agua puedan adquirir suficiente energía para vencer la tensión superficial y que se liberen de la superficie líquida.

El paso de las moléculas de agua, de las cercanías de la superficie a la atmósfera está controlado por la diferencia de tensión de vapor (presión ejercida por el vapor en determinado volumen) entre la capa de superficie de agua y la atmósfera, lo que será cuantificado en estas actividades, por medio de observaciones instrumentales, midiendo la variación de la superficie libre del agua.

Los vientos al remover la capa de aire saturado favoreciendo la evaporación, las corrientes oceánicas, así como diversas manifestaciones climáticas, son consecuencia directa de la diferente distribución de energía calorífica que llega a la Tierra. Durante estas actividades, la acción de los vientos será modelizada en el sentido de cuantificar su implicación en el proceso de evaporación.

Con el desarrollo de la experiencia y a través de la interpretación de los resultados, se llegará a la comprensión del balance energético en el cuál intervienen



la radiación solar incidente, la radiación solar reflejada así como la evaporación ocurrida, la energía utilizada en la evaporación, la radiación de onda larga, el calor transferido de la masa de agua para la atmósfera así como la energía suministrada y además la energía cedida por la masa de agua a través del agua evaporada. La sistematización de todos estos procesos, permite una reflexión sobre los mecanismos que presiden al ciclo del agua ocurrido a través de las diferentes esferas que integran el subsistema Tierra.

## 5) Los residuos y sus almacenamientos.

Las problemáticas alrededor de los residuos sólidos urbanos (R.S.U.), principalmente, qué hacer con ellos, ha resultado un tema que emerge en los encuentros científicos y técnicos así como motivo de intervenciones cívicas por parte de los ciudadanos en diversos foros sociales.

Las metodologías con vista a la toma de decisiones de localización de sitios para la construcción de vertederos controlados, así como para la definición de las características técnicas de construcción de los mismos, son hoy todavía motivo de reflexión y polémica, resultante de una corta experiencia en este tipo de relación entre las geoesferas.

Uno de los principales problemas se relaciona con la producción y gestión de los vertidos controlados que se acumulan en estos aterramientos. Las eventuales contaminaciones de los terrenos que subyacen a éstos, provocadas por fugas de lixiviados, y la consecuente polución de acuíferos se presentan como uno de los graves problemas que por sí solos evidencian el papel fundamental del conocimiento geológico en las tomas de decisión.

Pero para que las discusiones públicas –obligatorias en la legislación de muchos países– puedan ser participativas y no demagógicas, es fundamental que se permita extender los conocimientos geológicos a todos los ciudadanos interesados, y son ellos fundamentalmente los que, sin ser geólogos o especialistas en Ciencias de la Tierra, van a tomar parte activa en las tomas de decisión, y deben ser informados de la difusión de estos conocimientos.

Así, proponemos un trabajo práctico donde se podrá abordar un conjunto de conceptos relacionados con las cuestiones de localización, técnicas de construcción, control y exploración de vertederos controlados de R.S.U's.

## METODOLOGÍA DEL TALLER

En términos metodológicos el taller transcurrirá de la siguiente forma:

### Momento 1.

Planteamiento teórico del tema del taller, genéricamente enunciado en la primera parte de este resumen. Se referirán además un conjunto de temas relacionados con la fragilidad de la Corteza Terrestre,



así como el posicionamiento y relevancia de la Biosfera en la interacción con las otras geosferas.

### **Momento 2.**

Trabajos en grupo.

- Desarrollo de la actividad práctica en base a un protocolo previamente elaborado.
- Análisis reflexivo con vistas a una propuesta de enfoque del trabajo práctico en el marco teórico referenciado en el Momento 1.
- Análisis del grado de relevancia del tema trabajado para los currículos de los diferentes niveles de enseñanza.

### **Momento 3.**

Discusión final, intergrupos, con explicitación de los indicadores educativos principales emergentes, teniendo en cuenta la reflexión efectuada sobre las diversas actividades.

## **BIBLIOGRAFIA**

Begon, M. (1990). *Ecology*. Oxford, Blackwell Scientific. Oxford.

Comissão Independente População e Qualidade de Vida (C.I.P.Q.V.) (1998). *Cuidar o Futuro. Um programa radical para viver melhor*. Trinova Editora. Lisboa.

Hurd, P. (1994). New minds for a new age: Prologue to modernizing the science curriculum. *Science Education*, 78(1), 193-216.

Hicks, D. and Holden, C. (1995). Exploring the future: a missing dimension in environmental education. *Environmental Education Research*, 1((2)), 185-193.

Klemperer, A., Theisens, H. and Kaiser, F. (2001). Dancing in the Dark: The Relationship between Policy Research and Policy Making in Dutch Higher Education. *Comparative Education Review*, 45(2), 197-219.

Madureira, C. e Futuro, A. (1999). Metalogénesis Global Texto de apoio FEUP.

Praia, J., Futuro, A., Marques, L. e Leite, A. (2000). Recursos naturales para una educación ambiental. Que relevancia tienen? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8(1), 32-38.

UNESCO(1999). *La Ciencia Para el Siglo XXI. Un Nuevo Compromiso*. Conferencia mundial Sobre la Ciencia. Budapest.

Watts, M. (2001). The PLUS factors of family science. *International Journal of Science Education*, 23(1), 83-95.

Wellington, J. (2000). *Teaching and Learning Secondary Science. Contemporary Issues and Practical Approaches*. London. Routledge. ■