

# LAS ESFERAS TERRESTRES: REVISIÓN DE 16 CONCEPTOS USADOS EN LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS DE LA TIERRA

*Earth's spheres: a revision of 16 concepts used in earth sciences teaching*

José Manuel García Aguilar \* y M<sup>a</sup> Carmen Salcedo de Lara \*

## RESUMEN

El modelo estructural de la Tierra empleado habitualmente en la Enseñanza Secundaria utiliza una extensa terminología correspondiente a 16 esferas, muchas de ellas bajo definiciones diversas y a veces confusas. Este trabajo realiza una revisión de los distintos conceptos usados al respecto y propone un modelo didáctico sencillo basado en el uso de sistemas dentro de un orden jerárquico.

## ABSTRACT

Earth structural model used for didactics in High school level is usually based on 16 spheres. Most of which present diverse and confusing definitions. This work proposes an easy and alternative model based on Earth systems theory in diverse degrees of scale and composition.

**Palabras clave:** Ciencias de la Tierra, Capas terrestres, Esferas terrestres, Didáctica.

**Keywords:** Earth sciences, Earth layers, Earth spheres, Didactics.

## 1-INTRODUCCIÓN

El uso didáctico de un modelo estructural y funcional de la Tierra, basado en una secuencia de múltiples esferas pseudo concéntricas, resulta muy común en niveles de Enseñanza Secundaria (EE.SS). Ya en 1875, el geólogo austriaco Eduard Suess planteó las distintas partes de la *esfera terrestre* como atmósfera o esfera del aire, hidrosfera o esfera del agua, biosfera o esfera de la vida y litosfera o esfera de piedra. A partir de este sencillo modelo, el avance sobre el conocimiento de nuestro planeta ha permitido proponer en la actualidad una terminología compuesta por 16 conceptos asociados a otras tantas esferas. No obstante, tal terminología resulta en ocasiones confusa e incorrecta desde una perspectiva didáctica e incluso científica. En este sentido, el objetivo de este trabajo consiste en efectuar una revisión de estos conceptos y ofrecer un modelo alternativo sencillo y fácilmente comprensible en niveles de EE.SS, con vistas por una parte a un mayor conocimiento de la relación existente entre terminología técnica-lengua original y por otra a una mejor adecuación didáctica sobre la imagen que debemos poseer de nuestro planeta. Para ello se ha efectuado un análisis etimológico y científico de estos conceptos, así como una revisión de su tratamiento conceptual en diversos libros de texto de EE.SS en asignaturas del currículo de Bio-

logía y Geología y en especial dentro de Ciencias de la Tierra y del medio ambiente.

## 2- LA TIERRA COMO SUCESIÓN DE ENVUELTAS: EL MODELO CEBOLLA

Si analizamos los criterios semánticos, funcionales, composicionales y estructurales que permiten definir las diversas esferas terrestres, así como su evolución en el tiempo (¿sería correcto hablar de biosferas o litosferas?), comprobamos el error que se comete al plantear el *modelo cebolla* para un análisis de nuestro planeta. A este hecho debemos unir la dispersión conceptual que supone el uso de hasta 16 esferas y un empleo didáctico bajo conceptos diversos según el texto utilizado. Estas 16 capas utilizadas de modo habitual en la didáctica de las Ciencias de la Tierra son, en orden aproximado desde el exterior hacia el interior terrestre, las siguientes (tabla I):

Magnetosfera, Atmósfera, Exosfera, Termosfera, Mesosfera, Estratosfera, Troposfera, Ecosfera, Biosfera, Antroposfera<sup>1</sup>, Hidrosfera, Criosfera<sup>2</sup>, Geosfera<sup>3</sup>, Litosfera, Astenosfera, Endosfera.

Tabla I. Esferas terrestres utilizadas en la didáctica de las Ciencias de la Tierra en EE.SS.

\* I.E.S. Los Boliches. C/ Frascuelo s.n. 29640 Fuengirola (Málaga)

(1) "Antroposfera": hemos decidido mantener su definición y discusión ya que su empleo en niveles de ESO y Bachillerato es más común de lo esperado tanto a nivel de aula, como a nivel de textos didácticos, sobre todo en los bloques temáticos de Ecología y Medio Ambiente. Creemos que su inclusión en este artículo es conveniente de cara a mantener un esquema global sobre todas las esferas terrestres utilizadas, así como su crítica frente al uso didáctico habitual.

(2) "Criosfera": El uso didáctico de este concepto es común en la asignatura de CTMA (aunque bien es cierto que bajo una concepción incorrecta en muchos casos). Consideramos acertado un tratamiento independiente de cara a presentar el catálogo completo de capas terrestres utilizadas en la didáctica de las Ciencias de la Tierra. No obstante, dejamos clara su integración dentro de la Hidrosfera.

(3) "Geosfera": El término Geosfera es ampliamente utilizado en la didáctica habitual de asignaturas como CTMA (sobre todo) y Biología y Geología de 1º de Bachillerato y 4º de ESO. Somos conscientes que su uso no siempre corresponde a un criterio unificado (quizás debido a que, efectivamente, no ha contado con una definición científica ni formal hasta ahora). Por ello creemos necesario efectuar un repaso de los conceptos más habituales ligados al término "Geosfera" como punto de partida sobre el que cada profesor pueda reflexionar sobre la conveniencia o no de su uso.

### 3-ETIMOLOGÍA DE CADA TÉRMINO Y USOS MÁS COMUNES EN EL AULA:

El siguiente resumen con la etimología y definición científica de estos conceptos pone de manifiesto tres errores comunes de aplicación:

1-Las capas no son esferas;

2-El prefijo de definición no siempre resulta acertado y

3-La individualidad de cada capa es muy discutible debido a las múltiples relaciones e interferencias existentes entre ellas.

Esfera (del latín *sphaera*, y éste del griego σφαῖρα, 'esfera', 'globo'). El término base empleado para denominar las distintas capas creemos que implica un concepto geométrico, estático, permanente y rígido de la naturaleza (ser de Parménides). De ahí la inconveniencia de utilizar este modo conceptual en un escenario como el terrestre, sujeto a permanente cambio y evolución.

Magnetosfera (del latín *Magnes*, -etis, 'imán' y σφαῖρα, 'esfera'). Se trata de la capa magnética terrestre originada en el núcleo por un *efecto dinamo* al girar una gran masa metálica y producir un campo magnético cuyas líneas de flujo pueden alcanzar los 10000 km desde la superficie del planeta. Esta envuelta presenta una gran deformación producida por el viento solar (radiación electromagnética, electrones y protones), con una zona comprimida frente a la posición del sol y una cola muy alargada en sentido contrario. Su dinámica produce distintos fenómenos como auroras polares y los cinturones de Van Hallen y posibilita la formación de moléculas gaseosas en la atmósfera, que de otro modo serían escindidas por el viento solar. El dipolo magnético, muy variable, se encuentra desviado actualmente unos 11° respecto a la línea Norte-Sur geográfica.

Atmósfera (del griego ἀτμός 'vapor', 'aire' y σφαῖρα, 'esfera'). Se refiere a la capa terrestre compuesta por sustancias en estado gaseoso. Presenta un carácter heterogéneo y una dinámica permanente (carácter caótico) debido a los múltiples cambios verticales y horizontales existentes en sus parámetros físico-químicos. Sus límites generales se hallan entre la superficie terrestre, en contacto con la geosfera y la hidrosfera, y unos 800 km de altura media variable con la latitud y según la época del año, donde la presión de fluido es ya similar al espacio exterior. Aparece dividida en diversas capas.

Exosfera (del griego ἔξω, 'fuera', y σφαῖρα, 'esfera'). Su uso didáctico va asociado a la capa más externa de la atmósfera, compuesta por gases a muy baja presión (H, He, N...) y situada entre el límite superior de la termosfera (termopausa), a unos 600 km de altura, y una zona a distancia indefinida en torno a 800 km. Esta capa también es conocida como *Esfera de disipación*.

Termosfera (del griego θερμo-. 'calor' y σφαῖρα, 'esfera') También denominada a veces como Ionosfera (del griego ἰών, 'que va'), se define como la capa atmosférica limitada por la mesopausa (límite superior de la mesosfera a 80-85 km de altura)

ra) y la termopausa, situada a unos 600 km de altura, donde la temperatura del aire se eleva hasta los 1000° C debido a la absorción de la radiación solar de alta frecuencia (rayos X y gamma). Esta absorción ioniza los gases presentes (N y O básicamente) sobre todo en una banda situada entre 80 y 400 km, que coincidiría de modo estricto con la Ionosfera.

Mesosfera (del griego μέσος 'medio', 'intermedio' y σφαῖρα, 'esfera'). Se considera la zona media de la atmósfera y aparece limitada entre unos 50-60 km de altura, donde se encuentra la estratopausa o límite superior de la estratosfera y la mesopausa, a unos 80-85 km, que marca un mínimo de temperatura en el aire de unos -80° C. Se compone básicamente de N<sub>2</sub> y carece de movimientos de fluido. Otra acepción del término mesosfera se refiere a la capa interna terrestre definida entre la discontinuidad sísmica de Gutenberg - Wiechert, a unos 2900 km de profundidad, y el límite inferior definido para la astenosfera, a unos 250 km de profundidad. Coincidiría por tanto con la totalidad del manto terrestre bajo la astenosfera.

Estratosfera (del latín *stratus*, 'extendido' y σφαῖρα, 'esfera'). Es la capa atmosférica situada entre los 11 km de altura media (tropopausa o límite superior de la troposfera) y la estratopausa, situada a unos 50-60 km de altura, que marca una temperatura del aire cercana a 0° C. Esta capa se dispone en diversos niveles subparalelos, siendo uno de ellos (el situado entre 30 y 40 km de altura) la capa de ozono (O<sub>3</sub>), que absorbe la radiación ultravioleta solar de alta frecuencia produciendo a consecuencia de ello una elevación de la temperatura en esta zona hasta unos 30° C. El resto de la estratosfera aparece compuesta esencialmente por N<sub>2</sub>. Esta capa no presenta movimientos de fluido verticales y sí horizontales, además de contener nubes muy tenues en su zona inferior formadas por criptocristales de hielo.

Troposfera (del latín *Tropus*, y éste del griego τρῶπος, 'vuelta' y σφαῖρα, 'esfera'). Se refiere a la capa inferior de la atmósfera situada entre la superficie terrestre y la tropopausa, que supone un mínimo en la temperatura del aire de -70° C, así como la desaparición de la mayoría de fenómenos meteorológicos. La altura de la tropopausa puede oscilar entre los 9 y los 16 km en función de la latitud y la época del año. Contiene los gases necesarios para la vida, el 80% de toda la presión gaseosa, los soportes del ciclo del agua y la acción meteórica sobre las rocas y una composición química fundamental de 78% de N<sub>2</sub> y 21% de O<sub>2</sub>.

Ecosfera (del griego οἶκο-. 'casa, morada o ámbito vital' y σφαῖρα, 'esfera'). Es un término de uso limitado y referido a la capa terrestre donde se llevan a cabo los fenómenos ecológicos. Normalmente se emplea como sinónimo de biosfera.

Biosfera (del griego βιο-. 'vida', y del latín *Sphaera*, y éste del griego σφαῖρα, 'globo, esfera'). Definida por Vernadsky en 1926 como la *parte de la Tierra donde existe vida*, plantea un carácter estructural discontinuo (la biosfera se halla en cada individuo de los millones de especies existentes) y funcio-

nal continuo al estar comprobadas las complejas relaciones ecológicas que unen a todos los seres vivos con su entorno abiótico y entre sí. Su límite superior se ha fijado en unos 6700 m de altura donde aún existen sencillas líneas tróficas compuestas por polen, ácaros y arañas, así como aeroplancton en criptobiosis. A mayor altura no aparecen ni plantas, por la ausencia de agua y el escaso contenido en CO<sub>2</sub>, ni animales al no existir nutrientes efectivos ni O<sub>2</sub>. El límite inferior se fija en los fondos abisales oceánicos (más de 11000 m de profundidad) y unos 100 m bajo tierra donde pueden existir diversos microorganismos. Entre estos límites existen amplias zonas (polares y desérticas) con un desarrollo biológico nulo o muy escaso. Rasgos comunes de la biosfera son su asociación con una fuente de energía (solar básicamente), existencia de agua, carácter dinámico en el tiempo y el espacio, carácter cerrado a la materia y abierto a la energía, así como su efecto regulador del suelo, la atmósfera y la hidrosfera. Su masa total 2,5-7 10 (17) g, supone 1 Kg de carbono orgánico por m<sup>2</sup> de superficie.

Antroposfera (del griego ἄνθρωπο, 'hombre' y σφαῖρα, 'esfera'). Se emplea como la capa terrestre con influencia directa del ser humano. Incluiría al conjunto de la biosfera y la hidrosfera, así como zonas inferiores de la atmósfera y superficiales de la geosfera. En general, el empleo de este concepto aparece asociado al estudio de impactos ambientales y recursos naturales, como la zona de actuación del hombre para aprovechamiento propio y la zona de influencia de sus emisiones contaminantes.

Hidrosfera (ἕδρω-, del griego ἕδρω, hýdatos que significa 'agua' y σφαῖρα, 'esfera'). Corresponde al sistema terrestre formado por agua y que ocupa un 75% de su superficie. Comprende mares y océanos de modo mayoritario (97,3%) así como hielo (criosfera), aguas continentales no salinas (ríos, lagos, acuíferos...), agua atmosférica y agua incluida en los tejidos vivos, en una media del 62% de éstos. Suele destacarse en todo caso su carácter dinámico y su papel como soporte de la biosfera, regulación del clima y base del ciclo geológico externo. Sus límites extremos se sitúan entre los 11000 m de los fondos abisales y la zona inferior de la estratosfera.

Criosfera (del griego Κρύος, 'frío' y de σφαῖρα, 'esfera'). Resulta poco frecuente el uso didáctico de este término quizás debido a que en este momento geológico el hielo en la Tierra está muy lejos de formar siquiera una pseudo esfera. En todo caso, el concepto hace referencia a aquellas zonas donde la existencia de agua en estado sólido resulta permanente, fruto de una temperatura media anual menor de 0° C. Esta condición se cumple en zonas de latitud alta o de altura adecuada. En cualquier caso, la criosfera se considera un subsistema dentro de la hidrosfera. Otro uso más acertado del término se emplea a veces en alusión a períodos glaciares generalizados o períodos de *Tierra blanca*.

Geosfera (del griego γῆ, de la raíz de γῆ, 'tierra' y σφαῖρα, 'esfera'). Suele emplearse dentro del modelo global de capas terrestres bajo dos acepciones: 1-Como sistema de gran volumen que com-

prende el conjunto de capas internas y cuya zona superficial constituye el relieve y 2-Como la lámina sólida superficial de la litosfera en contacto con las capas fluidas externas. En el primer caso suele asociarse al calificativo "rocoso" o "rígido" sin tener en cuenta las zonas fluidas como el núcleo externo. En el segundo caso se plantean necesariamente múltiples interacciones con la atmósfera, hidrosfera o biosfera, que inducen fenómenos de meteorización, adaptaciones biológicas y formación de los distintos escenarios geomorfológicos. También suele tratarse en relación con la geosfera el estudio de fenómenos dinámicos internos (sismicidad, vulcanismo o dinámica de placas litosféricas) y fenómenos como riesgos naturales.

Litosfera (del griego λιθος, 'piedra', 'fósil' y σφαῖρα, 'esfera'). En EE.SS este término suele emplearse para describir aquella capa sólida terrestre de unos 100 km de espesor medio, formada por corteza continental, corteza oceánica y una parte del manto superior, y sujeta a fenómenos de dinámica geológica tanto interna (tectónica de placas, deriva continental, vulcanismo, etc.), como externa (procesos de erosión, transporte, sedimentación y formación de paisajes). Su carácter no permanente se deduce a partir de la desaparición de la astenosfera o manto convectivo en su conjunto debido a la pérdida de energía térmica terrestre, que supondrá el final de la tectónica de placas y por tanto el fin de la litosfera como tal (Anguita, 2000).

Astenosfera (del griego ἀσθένεια, 'debilidad' y σφαῖρα, 'esfera'). En asociación casi sistemática con la litosfera, este concepto se define en niveles de EE.SS como una capa de carácter fluido (material magmático a unos 1400° C) situada bajo aquella a una profundidad entre 100 y 250 km y sujeta a una dinámica interna de flujos lentos (3-4 cm/año) y convectivos que arrastran en su vector superficial a la litosfera originando en ella movimientos convergentes, divergentes o de tracción lateral esencialmente. A veces se emplea como sinónimo el término "*canal de baja velocidad*" en alusión al descenso en la velocidad de las ondas sísmicas a su paso por esta capa. La propia existencia de la astenosfera está siendo replanteada a la luz de los nuevos datos geológicos y geofísicos (Anguita, 2000; Anguita, 2002).

Endosfera (del griego ἔνδο-, 'dentro', 'en el interior' y σφαῖρα, 'esfera'). El concepto más utilizado de esta capa se refiere al conjunto de materiales sólidos situados bajo la superficie terrestre y que incluiría la corteza (sin su lámina más superficial), manto y núcleo.

## MODELO ACTUAL Y PROPUESTA DE UN MODELO ALTERNATIVO:

Si efectuamos un juego de relación entre todas las capas descritas a través de asociaciones físicas y funcionales, tenemos que de todas las relaciones posibles, sólo el 9% son difíciles de establecer (habría en estos casos una independencia estructural y funcional directa), asociadas en estos casos a las relaciones entre capas internas y capas externas. El resto presenta

un 43% de relaciones funcionales directas y un 48% de relaciones físicas y geométricas. Por tanto, pensamos que estos datos demuestran por sí mismos la dificultad que supone individualizar y limitar cada una de estas esferas terrestres. Por otro lado, la tabla II demuestra como de los atributos asignados a estos conceptos, pocos corresponden con la realidad. Todo ello nos lleva a considerar una propuesta alternativa para exponer la estructura de nuestro planeta basada en la teoría de sistemas (Bertalanffy, 1968) y modelos de sistemas y subsistemas terrestres (Lovelock, 1979; Meléndez, 1998; Anguita, 2000). En este sentido se propone fomentar el uso de un modelo asociado a dos

únicos sistemas: externo e interno formados por distintas partes (subsistemas) en permanente relación y evolución, y asociados a una jerarquía de órdenes de escala utilizables según el nivel educativo (tabla III), frente al criterio de disección estructural seguido habitualmente (Fig.1). La tabla II aporta las conclusiones obtenidas del análisis etimológico y científico, demostrando una vez más la inconveniencia del modelo de esferas. Todo ello invita a plantear en clase una crítica de éste y a ofrecer posibles alternativas sin olvidar además que cuanto más dominio se tiene de los conceptos, existe un mayor control de las unidades léxicas que sirven para expresarlos.

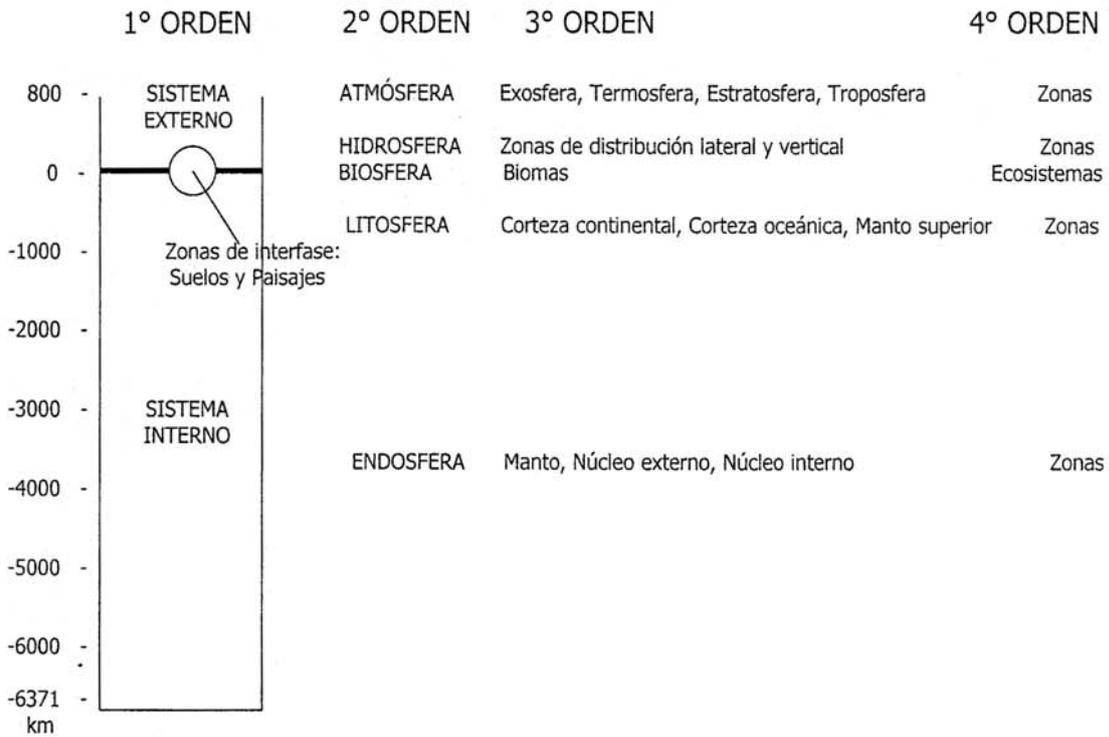
Capa	¿Tiene una estructura esférica?	Oscilación de límites físicos *	¿Presenta una individualidad funcional?	¿Presenta una continuidad estructural?	¿Es acertado el prefijo?
	Magnetosfera				
No	50%	Sí	Sí	Sí	
Atmósfera	Es posible	12%	No	Sí	Sí
Exosfera	No	50%	Sí ?	Sí	Sí
Termosfera	A veces	38%	Sí ?	Sí	Sí
Mesosfera	A veces	43%	Sí ?	Sí	No
Estratosfera	A veces	33%	No	Sí	No
Troposfera	A veces	37%	Sí ?	Sí	No
Ecosfera	No	92%	Sí	No	Sí
Biosfera	No	< 5%	Sí	No	Sí
Antroposfera	No	73%	No	No	Sí
Hidrosfera	No	20%	No	No	Sí
Criosfera	No	0 a 4000 m	No	No	No
Geosfera	No	1 a 6372 km	Sí ?	Sí	No
Litosfera	No	6 a 100 km	Sí	Sí	Sí
Astenosfera	No	0 a 150 km	Sí ?	No	No

Tabla II. (\*) Los porcentajes expresados se refieren a las diferencias de espesor encontradas según el concepto empleado en distintos textos de EE.SS.

Orden de escala	1°	2°	3°, 4°
PLANETA TIERRA	Sistema Externo	Atmósfera Hidrosfera Biosfera	Capas Zonas estructurales Biomás
	Sistema Interno	Litosfera Endosfera	Capas Capas

Tabla III. Modelo didáctico propuesto sobre la constitución estructural y funcional de la Tierra para niveles de EE.SS. Los criterios de división en las capas, zonas o regiones de orden 3° y 4° deben ser definidos a través de factores físicos, químicos, ecológicos o geológicos. También deben establecerse las relaciones funcionales y estructurales básicas entre las capas asociadas a cada orden de escala.

## SISTEMAS TERRESTRES



## ESFERAS TERRESTRES

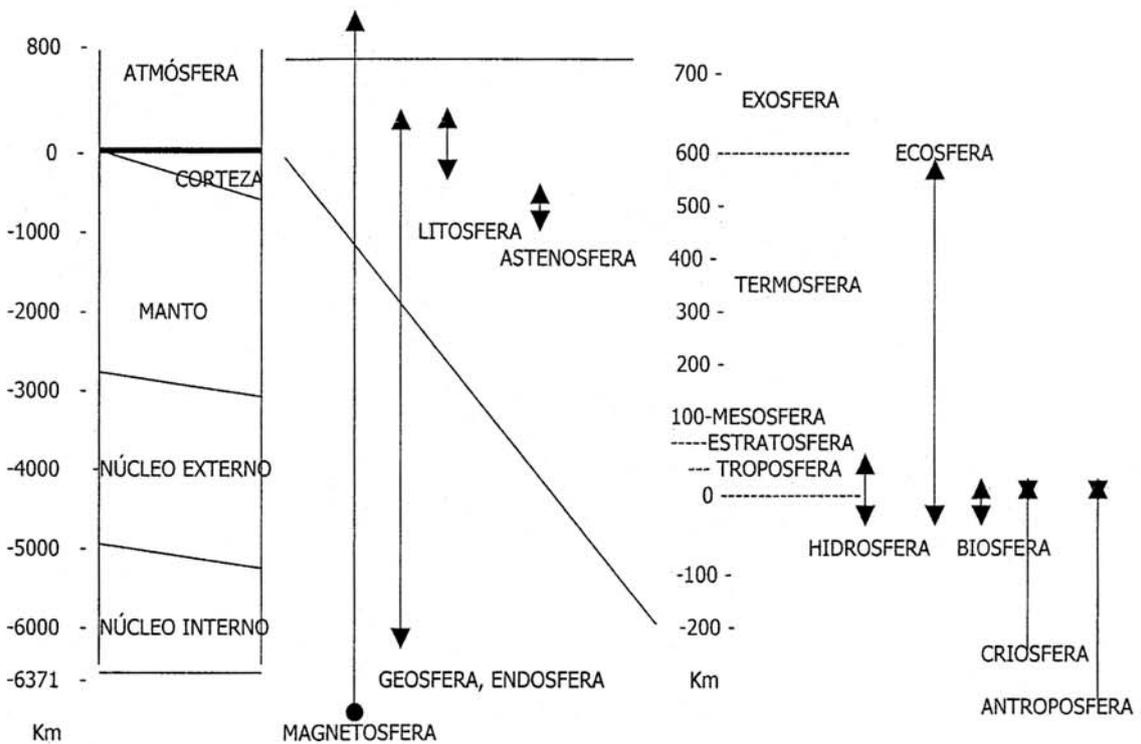


Figura 1. Modelo de esferas terrestres y modelo simplificado propuesto.

## BIBLIOGRAFÍA

Anguita, F. (2000). Futuro de la Litosfera y la Biosfera, dos subsistemas transitorios del planeta tierra: sugerencias para clase. *Docs. XI Simp. Sobre Ens. de la Geología*. Santander: 3-6.

Anguita, F. (2002). Adiós a la astenosfera. *Ens. Ciencias de la Tierra*, 10.2: 134-143.

Bertalanffy, L. Von (1968). *Teoría general de sistemas*. Fondo cultural y económico. México.

Cabrera, M.E *et al.* (2003). Ciencias de la Tierra y del medio ambiente. *Editex*. Madrid.

Calvo, D. Molina, M.T y Salvachúa, J. (2001): Ciencias de la Tierra y del medio ambiente. *Mc Graw Hill*. Madrid.

Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (DRAE). 2001. Vigésima segunda edición, RAE.

Escarré, A. *et al.* (1997). Ciencias de la Tierra y del medio ambiente. *Santillana*. Madrid.

Guadiel (Ed.). 2001: *Ciencias de la Tierra y del medio ambiente*. Sevilla.

Lovelock, J. (1979). *Gaia: a new look at life on Earth*. Oxford University Press.

Meléndez, I (1998): La teoría de sistemas en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra. *Ens. Ciencias de la Tierra*, 6.1: 64-73.

Rubio, N. Roiz, J.M y Dehesa, E. (2003). Ciencias de la Tierra y del medio ambiente. *Anaya*. Barcelona. ■