

## Modelos adaptativos en Zoología (Manual de prácticas)

### 6. Conchas y espirales

Juan Pérez Zaballos. Ana García Moreno.

Departamento de Zoología y Antropología Física. Facultad de Ciencias Biológicas.  
Universidad Complutense de Madrid. c/ José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid.  
[zaballos@bio.ucm.es](mailto:zaballos@bio.ucm.es) [agmoreno@bio.ucm.es](mailto:agmoreno@bio.ucm.es)

**Resumen:** Se explican los tipos de espirales y los fundamentos del diseño en espiral subyacente en las conchas de los moluscos. Se indican también los factores en los que se basa este diseño: abocinamiento, verma y espira y como valorarlos. Se estudia de forma especial la concha de *Nautilus*.

**Palabras clave:** Conchas. Espirales. Abocinamiento. Verma. Espira. *Nautilus*.

#### INTRODUCCIÓN

El mundo natural (también el artificial) está lleno de espirales. La espiral, desde el punto de vista evolutivo es una solución de compromiso para aumentar de tamaño sin perder movilidad. Es decir, ahorrando espacio. Los dos tipos más importantes de espirales son la [espiral de Arquímedes](#) o [constante](#) y la [espiral logarítmica](#) o [equiangular](#).

La [espiral de Arquímedes](#), espiral constante o arquimediana (Fig. 1A) se caracteriza porque todas las vueltas de la espiral tienen la misma separación, del mismo modo que un marinero arrolla un cabo sobre cubierta. Como la cuerda es de grosor uniforme todas las vueltas tienen la misma anchura.

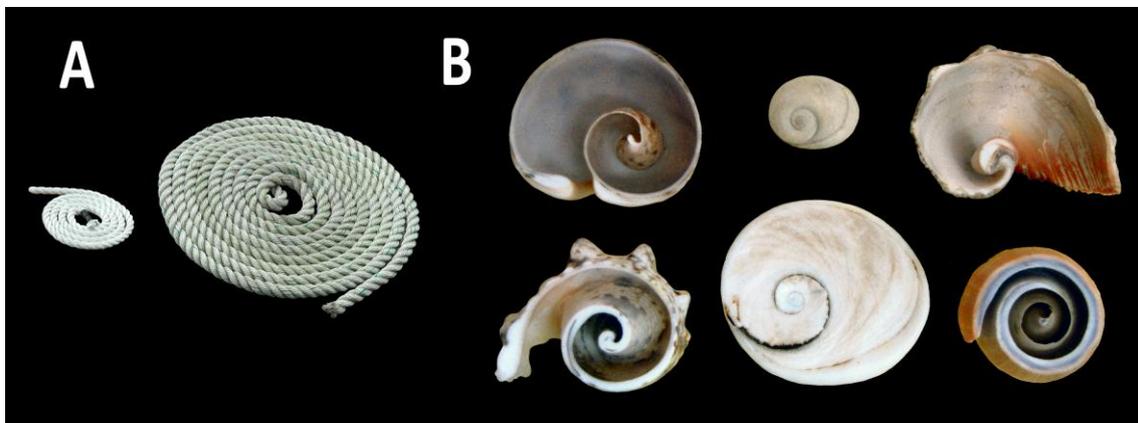


Figura 1. Tipos de espirales: A. Espiral de Arquímedes. B. Espirales Logarítmicas con diferentes tasas de apertura en conchas y opérculos de gasterópodos.

La **espiral equiangular** (Fig. 1B) o espiral logarítmica (el radio crece logarítmicamente) tiene la propiedad de que su forma no se altera cuando aumenta su tamaño (ver también concha de *Nautilus*, pag. 82).

Vamos a tratar de entender cuáles son los **factores** determinantes de la extraordinaria diversidad en el diseño de las conchas de los moluscos (actuales y fósiles), especialmente los Gasterópodos.

Una concha no crece como una línea, sino como un tubo que aloja el animal que lo forma. El tubo no es necesariamente de sección circular y su diámetro se expande con una tasa determinada. De hecho, las conchas más primitivas conocidas de gasterópodos son cónicas y rectas (Or. Cinostracos †), y también las de algunos cefalópodos fósiles como *Belemnites* y *Orthoceras*.

A partir de este punto, el arrollamiento de esta concha es adaptativo porque ocupa un menor espacio, reparte el peso, y mejora el control y la maniobrabilidad. Los primeros Gasterópodos conocidos con concha arrollada (Or. Cocleostracos †), no habían sufrido todavía la torsión y sus conchas estaban arrolladas en un solo plano y mantenían la simetría bilateral, como en la figura 2.

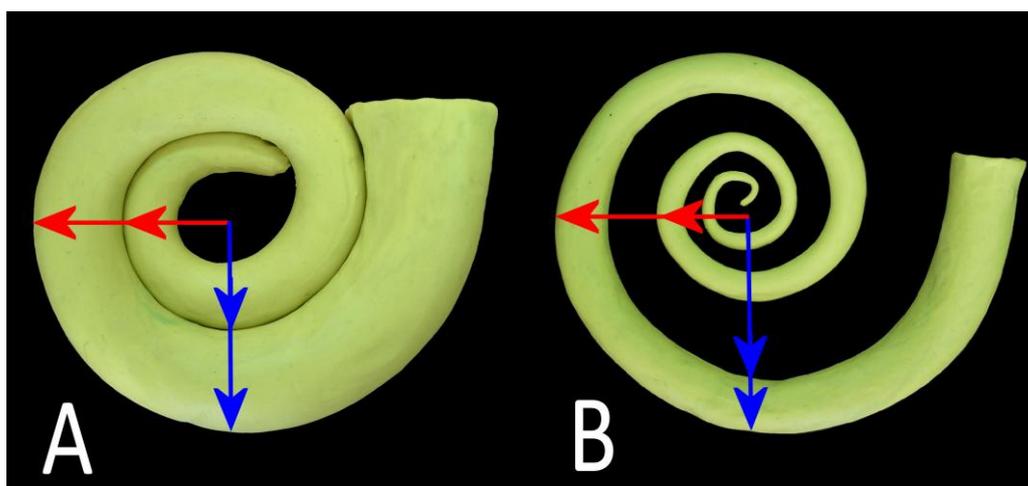


Figura 2. Madelos de plastilina: A. Concha con abocinamiento valor 2 y verma valor 0,5. B. Concha con abocinamiento valor 2,2 y verma valor 0,7 (valores aproximados).

Ahora bien, dependiendo de la tasa de expansión del diámetro del tubo podemos llegar a dos modelos de arrollamiento: uno con la tasa justa para que el borde interno toque la espira anterior de la espiral (Fig. 2A), y otro en el que el diámetro del tubo se expande más lentamente, quedando un espacio creciente entre espiras sucesivas (Fig. 2B).

El diseño de las espirales de las conchas se basa en tres factores que pueden valorarse numéricamente.

- **Abocinamiento.** Es la tasa de expansión de la espiral. Por ejemplo: abocinamiento de 2 significa que por cada vuelta el diámetro de la concha se multiplica por dos (Fig. 2). Así pues, un berberecho o una almeja no se considera arrollada pero sí abocinada o de arrollamiento extremadamente abierto (valores superiores a 100, ver en Fig. 6). En la Fig. 3 se observan varios modelos de conchas de gasterópodos con diferentes valores de abocinamiento.

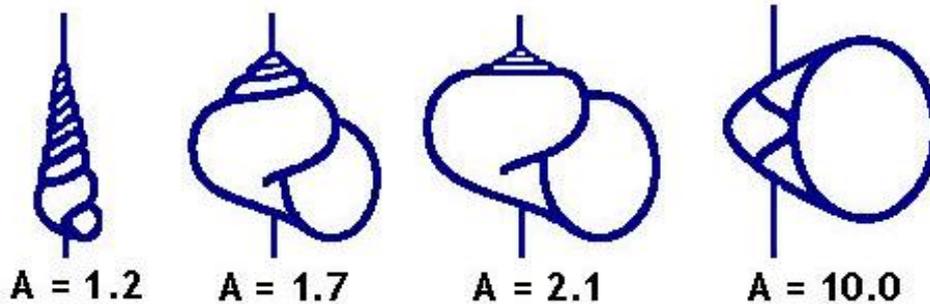


Figura 3. Modelos de conchas de gasterópodos con diferentes valores de abocinamiento .

- **Verma o agusanamiento.** Grado de separación entre las vueltas de la espiral hasta formar un tubo (arrollado o no) (Fig. 4). Las conchas de las Figs. 2A y 2B tienen un abocinamiento parecido (2 y 2,2), pero la Fig. 2B posee un valor más alto de verma (0,7) que la Fig. 2A (0,5).



Figura 4. Verma creciente en el sentido de la flecha. De izquierda a derecha: *Belemnites* (†), *Dentalium*, *Spirula*, *Cernuella*.

Verma de 0,7, significa que la distancia desde el centro de la espiral hasta el borde interno del tubo es el 70% de la distancia del centro de la espiral hasta el borde externo del tubo (Fig. 2B). Para el *Belemnites* (cono recto) (Fig. 4), como el hipotético centro de la espiral estaría muy muy distante, su verma sería de alrededor de 0,999999.....; en el extremo opuesto se encontraría un tubo con una elevada tasa de expansión que invadiría el espacio de la espira previa. Este caso existe y los moluscos lo han resuelto de dos maneras diferentes: permitir que el tubo abarque las vueltas anteriores a sí mismo (obliga a que la sección del tubo no sea circular) como ocurre en *Nautilus*; o bien evitando la invasión de las vueltas previas cambiando el plano de la espiral, lo que nos lleva al tercer factor.

- **Espira.** Grado de arrollamiento helicoidal de la concha (Fig. 5). El plano de la espiral se desplaza lateralmente a medida que se expande formando un cono cada vez más pronunciado (Fig.5). Simplificando, se puede valorar la espira de 0 a 10. En la Fig. 5 *Planorbis* tendría un valor 0 (está arrollada en un plano) y *Terebralia* valor 8.



Figura 5. Espira creciente en el sentido de la flecha. De izquierda a derecha: *Planorbis*, *Cernuella*, *Helix*, *Littorina*, *Terebralia*.

La combinación de estos tres factores permite todos los diseños posibles de espirales y por lo tanto de conchas. Si representamos abocinamiento frente a verma (dos dimensiones) obtenemos los modelos que se ven en la Fig. 6 (abocinamiento en escala logarítmica).

Y con un programa de ordenador obtenemos todos los diseños posibles representando los tres factores en tres dimensiones, cosa que hizo [David M. Raup](#) (1966, 1968) utilizando un cubo como gráfico tridimensional y usando sus aristas como ejes (W= abocinamiento; T= espira; D= Verma) (Fig. 7).

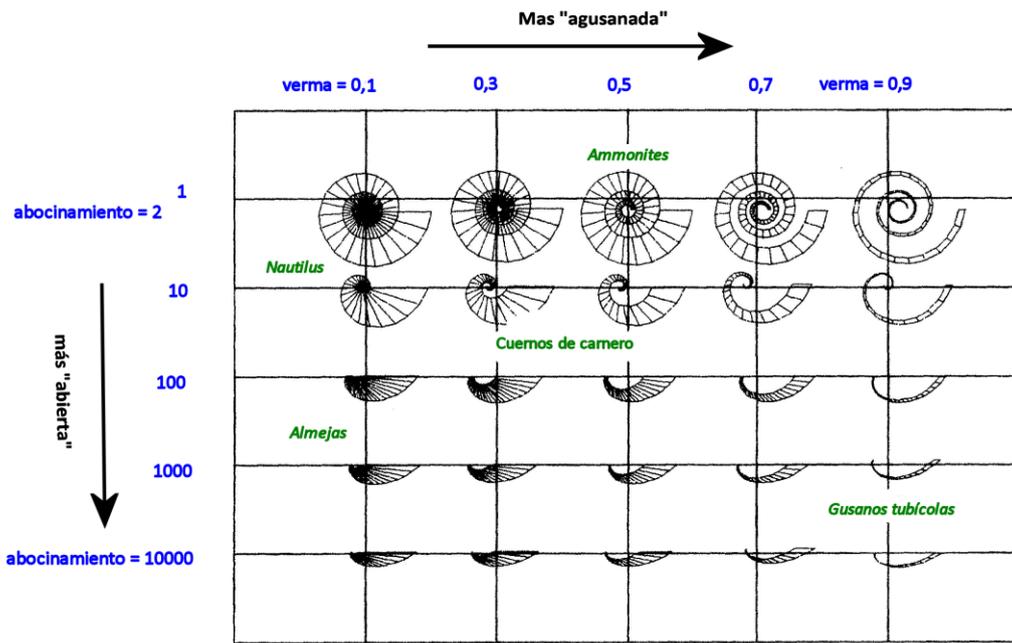


Figura 6. Modelos de conchas generadas por ordenador combinando diferentes valores de verma y abocinamiento (modificada de Dawkins, 1998).

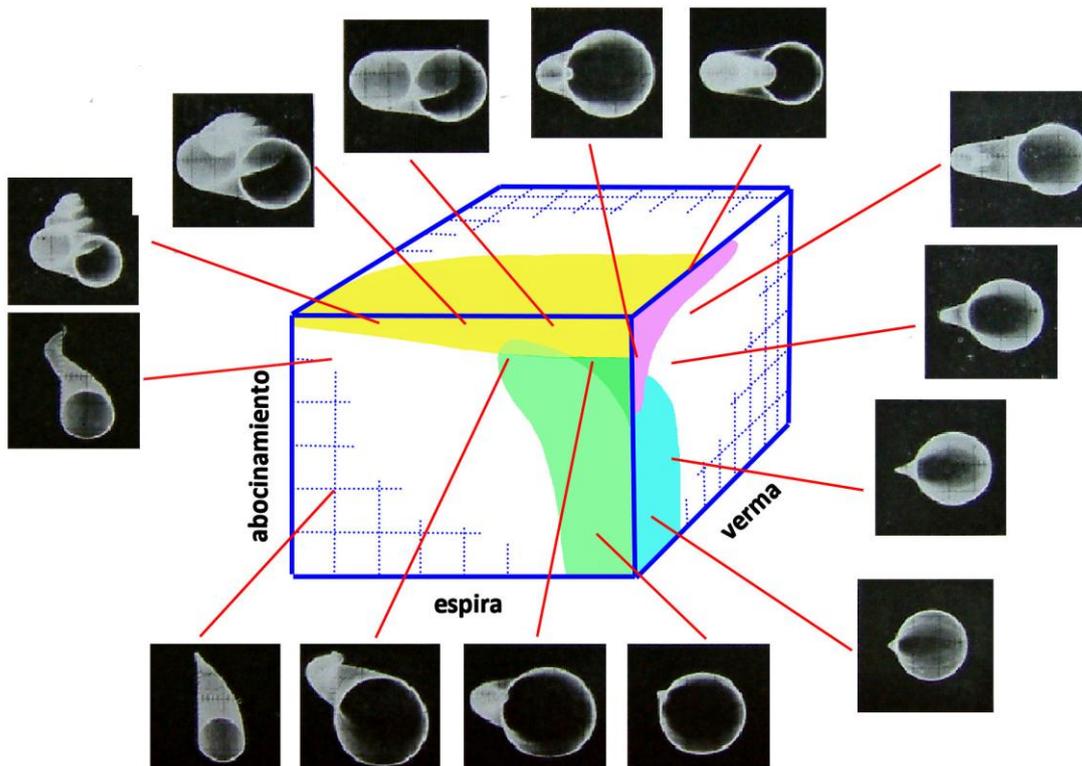


Figura 7. Cubo de Raup. En blanco diseños posibles sin representación en la naturaleza. En color conchas reales (modificado de Raup, 1966).

En la naturaleza solo se encuentran los diseños que están en las zonas sombreadas, pero cualquier otro punto del cubo, potenciando uno de los tres factores en detrimento de los otros dos, nos da nuevos diseños posibles.

Encontramos casos reales curiosos o extremos (Fig. 8) en la concha de *Spirula*: cefalópodo con una concha muy frágil, no protectora, que funciona como un órgano interno de control de flotación. Otro caso lo encontramos en las conchas agusanadas de algunos moluscos (*Vermicularia*) en los que su crecimiento espiralado es irregular.



Figura 8. Diseños reales extremos. Conchas de *Spirula* y de *Vermicularia*.

### PRÁCTICA

Valorar los tres factores en las conchas de 14 moluscos (Tabla 1). Observar que con pequeñas modificaciones en los valores se obtienen diseños muy diferentes.

	<b>Abocinamiento</b> Valor: 0 - 10000	<b>Verma</b> Valor: 0,1 - 1	<b>Espira</b> Valor: 0 - 10
<i>Haliotis</i> (Fig. 9)			
<i>Cernuella</i> (Fig. 10)			
<i>Littorina</i> (Fig. 11)			
<i>Patella</i> (Fig. 12)			
<i>Dentalium</i> (Fig. 13)			
<i>Murex</i> (Fig. 14)			
<i>Conus</i> (Fig. 15)			
<i>Cerastoderma</i> (Fig. 16)			
<i>Turritella</i> (Fig. 17)			
<i>Gasterópodo</i> (†) (Fig. 18)			
<i>Ovula</i> (Fig. 19)			
<i>Mauritia</i> (Fig. 20)			
<i>Architectonica</i> (Fig. 21)			
<i>Volema</i> (Fig. 22)			

Tabla 1. Completar los valores de abocinamiento, verma y espira en las conchas.



Figura 9. *Haliotis*.



Figura 10. *Cernuella*.



Figura 11. *Littorina*.



Figura 12. *Patella*.



Figura 13. *Dentalium*.



Figura 14. *Murex*.



Figura 15. *Conus*.



Figura 16 *Cerastoderma*.



Figura 17. *Turritella*.



Figura 18. Gasterópodo fósil.

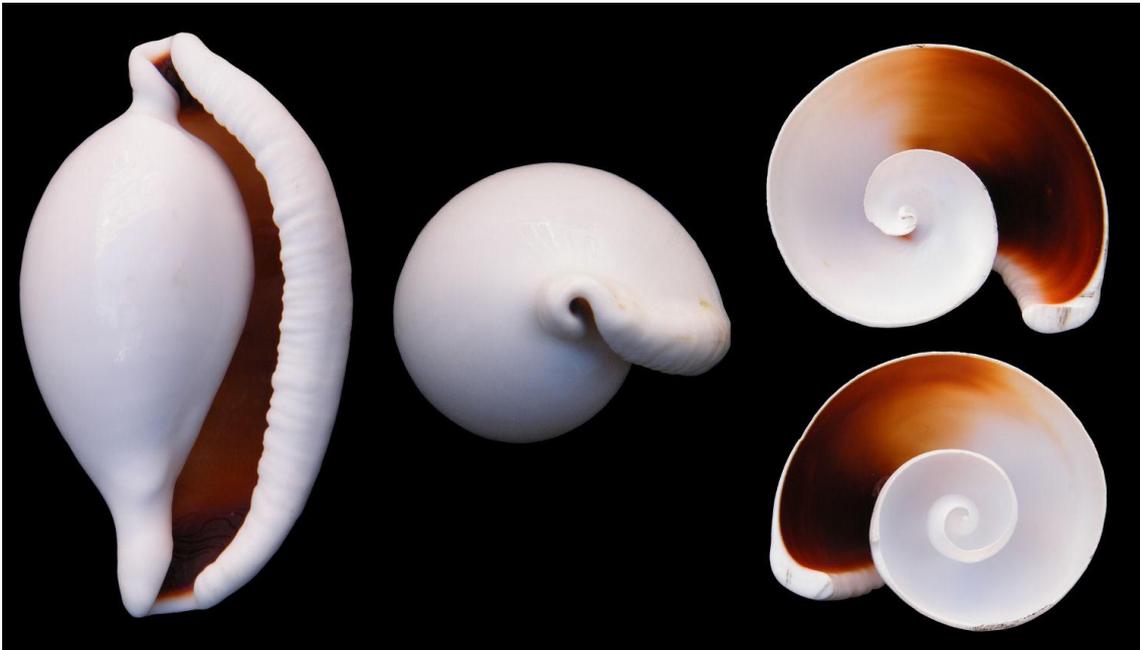


Figura 19. *Ovula*.



Figura 20. *Mauritia*.



Figura 21. *Architectonica*.

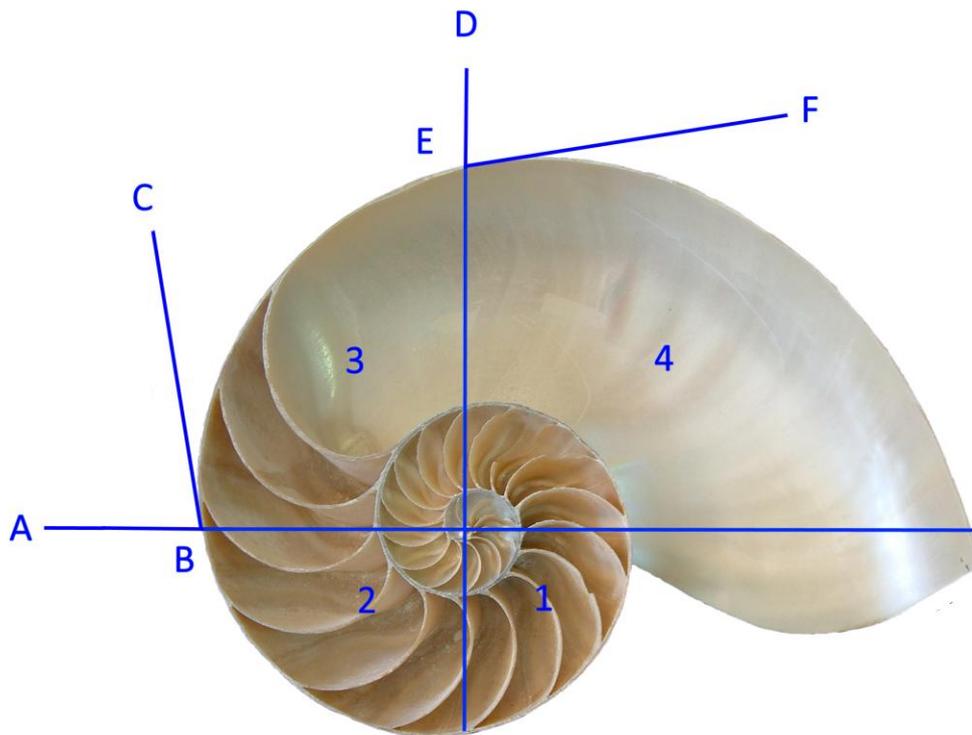


Figura 22. *Volema*

### LA CONCHA DE NAUTILO

El nautilo camerado es un molusco cefalópodo (cuatro especies conocidas), emparentado con el pulpo y el calamar. Difiere de ellos en varios aspectos, el más evidente de los cuales es quizá la posesión de una concha externa arrollada en espiral. El nautilo construye su concha de modo tal que la forma de la cámara donde vive y, por tanto, la forma del animal, permanece idéntica a lo largo de su desarrollo. A medida que va aumentando de tamaño, añade material a la concha, y periódicamente tabica una parte de la cámara que se le ha quedado pequeña. Los tabiques forman una serie de compartimentos en la concha vieja.

La morfología de la concha del nautilo es propia de una espiral equiangular, forma reconocida por primera vez y descrita por el filósofo y matemático francés [René Descartes](#) en 1637.



**Figura 23. La espiral de la concha de *Nautilus* crece logarítmicamente.**

La espiral equiangular mostrada en la Fig. 23 demuestra que el ángulo entre una tangente a la espiral y cualquier línea radial trazada desde el centro es constante (por ejemplo, el ángulo ABC es igual al ángulo DEF). Descartes dedujo que, en una espiral que posea esa propiedad, las cámaras resultantes del corte con sucesivos radios trazados a iguales incrementos del ángulo radial (en el eje de 90°) tenían exactamente la misma forma. Así, la cámara 4 es un perfecto modelo a escala de la cámara 3, aumentada en todas sus dimensiones y rotada en 90 grados.

A medida que el nautilo crece y tabica por detrás parte de su cámara-vivienda amplía la nueva cámara aproximadamente un 6,3 por ciento respecto a su predecesora. En el curso de la construcción de las 16 o 18 cámaras (el número de cámaras por vuelta es propio de cada especie) necesarias para cerrar la espiral en un círculo completo, el tamaño de las cámaras se triplica. Así, la grandiosa forma espiral de la concha del nautilo procede de la forma constante (isometría) del espacio en que vive el animal, según éste va arrollando sus nuevas moradas alrededor de las antiguas.

Sin duda, en *Nautilus* es el paradigma de la espiral logarítmica. Esta concha mantiene las proporciones áureas (Fig. 24) y este modelo de espiral se encuentra subyacente en la arquitectura y en la naturaleza (Fig. 25).

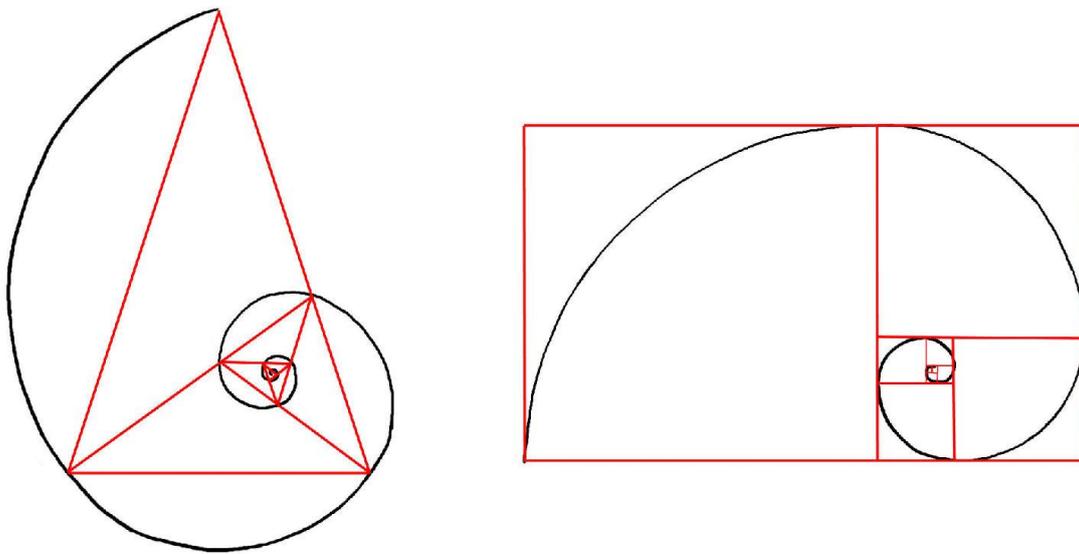


Figura 24. La espiral de *Nautilus* puede hacerse con rectángulos o triángulos áureos anidados. Modificado de Livio, 2006



Figura 25. Espiral logarítmica: A. Escalera del faro de la Isla de Ré (Francia). B. Cola de un camaleón. C. Brote de helecho.

## BIBLIOGRAFÍA

Dawkins, R. 1998. *Escalando el monte improbable*. Tusquets ed. Barcelona.

Descartes, R. 1637. Discours de la méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la Verité dans les sciences. Plus la Dioptrique, le Météores et la Géometrie, qui sont des essais de cette méthode. Editada en Leyden por Jean Maire.

Raup, D. M. 1966. Geometric Analysis of Shell Coiling: General Problems. *Journal of Paleontology*, 40(5): 1178-1190.

Raup, D. M. 1967. Geometric Analysis of Shell Coiling: Coiling in Ammonoids. *Journal of Paleontology*, 41(1): 43-65.

### BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

Livio, M. 2006. *La proporción áurea*. Ariel Ed. Barcelona.

Ruppert, E. y Barnes, D. 1996.- *Zoología de los invertebrados*. Mcgraw-Hill Interamericana.

Thompson, D. W. 1980. *Sobre el crecimiento y la forma*. Blume. Madrid.

Wainwright, S. A.; Biggs, W. D.; Currey, J.D. y Gosline, J. H. 1980. *Diseño mecánico en organismos*. Blume. Madrid.

Wye, K. R. 1993. *Guía de bolsillo de las conchas del mundo*. Omega, Barcelona.

### RECURSOS ELECTRÓNICOS

Zoología. Interpretación de los modelos arquitectónicos. U.C.M.

<http://www.ucm.es/info/tropico/>

<http://www.spirasolaris.ca/sbb4d2c.html>

Recibido: 1 febrero 2009.

Aceptado: 18 marzo 2009.