



Organización  
de las Naciones Unidas  
para la educación,  
la ciencia y la cultura



¡Darwin sigue vivo! p. 2

# Un Mundo de **CIENCIA**

Boletín trimestral  
de información sobre las  
ciencias exactas y naturales

Vol. 7, No. 4  
Octubre–diciembre 2009

## SUMARIO

### ENFOQUES ...

2 ¡Darwin sigue vivo!

### ACTUALIDADES

- 10 Albania aprueba su estrategia para la ciencia
- 10 La ONU adopta los servicios climáticos
- 11 La OCDE reevalúa la ayuda de la UNESCO al desarrollo
- 11 Fuerte crecimiento de la movilidad de los estudiantes
- 12 Invertir más en la enseñanza superior
- 12 La UNESCO evalúa los daños causados a Babilonia
- 13 Trece sitios se incorporan al Patrimonio Mundial
- 13 Notas de cursos en libre acceso

### ENTREVISTA

14 Beatriz Barbury recuenta la vida y la muerte de las estrellas

### HORIZONTES

- 17 ¡Cautivarlos bien jóvenes!
- 20 Retroceder un paso

### BREVES

- 24 Agenda
- 24 Nuevas publicaciones

## EDITORIAL

### ¡Sellar el acuerdo!

Las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) provenientes de los combustibles fósiles alcanzaron en 2006 el nivel récord de 8,4 Giga toneladas, según el Earth Policy Institute, o sea «20% más que en 2000. Entre 2000 y 2006, aumentaron 3,1% por año, es decir, dos veces más rápido que en los años 1990».

Estas cifras muestran que nos precipitamos peligrosamente hacia un cambio climático incontrolado. El aumento de las emisiones de CO<sub>2</sub> sobrepasa actualmente el peor de los escenarios presentados en el Informe 2007 del Panel Intergubernamental de Expertos para el Cambio Climático: un incremento a finales de siglo de la temperatura media global de 6,4°C.

Justo ahora cuando debería prevalecer un sentimiento de urgencia, las negociaciones de la ONU sobre el clima, en diciembre próximo en Copenhague, se anuncian bajo el signo de la espera. De la situación actual son responsables, en mayor medida, los países ricos quienes en reiteradas ocasiones han incumplido sus promesas de ayuda internacional para la reducción de la pobreza y la transferencia de tecnologías hacia el mundo en desarrollo. Tienen que admitir igualmente su responsabilidad en la mayor porción del aumento de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero desde 1950, aún cuando en la actualidad, una parte es responsabilidad de algunos países en vías de una industrialización rápida. Los países en vías de desarrollo temen que la mayor carga del peso de la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero caiga sobre ellos, en virtud del paulatino aumento de sus inversiones en la energía para los próximos años.

Ahora bien, no se trata de escoger entre un fuerte crecimiento económico o menores emisiones de gases de efecto invernadero, declara Ban Ki-Moon, Secretario General de la ONU. En su prefacio al *World Economic and Social Survey* publicado en septiembre por la ONU, el sostiene que las dos vías son complementarias. El *Survey* propone que se cree un programa mundial de inversiones para ayudar a los países en vías de desarrollo a adoptar vías más limpias para su desarrollo.

El *Survey* sugiere que, al menos 1% del PIB anual mundial, o sea 500 a 600 mil millones de dólares, sea invertido en la adaptación al cambio climático y la mitigación de sus efectos. Comparemos esta suma con los 21 mil millones de dólares destinados actualmente a la ayuda exterior para esta tarea. Para poder adaptarse, «los más pobres y más vulnerables tienen necesidad de un financiamiento sustancial y más rápido –¡ahora mismo!», advierte Ban Ki-Moon. Basta con que lean, en estas páginas, el estudio de caso de dos Reservas de Biosfera en el Reino Unido y en Kenia, para que se den cuenta que si bien estos dos países sufren ya los efectos del aumento del nivel del mar, los medios disponibles con los que cuentan para adaptarse al mismo son muy diferentes.

La responsabilidad corresponde a los mayores emisores históricos de carbono, que deben dar el ejemplo comprometiéndose en Copenhague a reducir sus emisiones. Pero ningún acuerdo tendría sentido si los países cuyas emisiones crecen rápidamente no las redujeran igualmente de manera sustancial. Actualmente, apenas 10 países producen los dos tercios de estas emisiones. Por orden decreciente son: China, Estados Unidos, Rusia, India, Japón, Alemania, Reino Unido, Canadá, República de Corea e Italia. Le siguen: Irán, México, África del Sur, Francia, Arabia Saudita, Australia, Brasil, España, Indonesia, Ucrania, Polonia, Tailandia y Turquía.

Según Ban Ki-Moon, «nuestro pie está atascado sobre el acelerador y rodamos hacia el abismo». Toda la humanidad está sentada en este automóvil. Nos lanzamos juntos hacia este desastre y solo juntos podremos alejarnos del precipicio.

Las negociaciones de Copenhague ponen fin a tres años de esfuerzos de la ONU para alcanzar el acuerdo de un *Protocolo Post-Kioto* que regiría a partir del 2012. Corresponde ahora a las delegaciones llegar a Copenhague dispuestas a asumir sus responsabilidades. ¡Sellar el acuerdo!

W. Erdelen

Sub-director General para las Ciencias Exactas y Naturales



Charles Darwin (1809–1882)  
a la edad de 30 años

## ¡Darwin sigue vivo!

Charles Darwin cumplió 200 años el 12 de febrero 2009. Además, el 150<sup>mo</sup> aniversario de su obra *El origen de las Especies por Vía de la Selección Natural* cae también antes de finalizar el año. Su obra, que lo llevó a desafiar las convenciones de su época y a concebir su propia visión de la «transmutación» (llamada hoy «evolución»), se mantiene convincente ya que las pruebas que acumuló y analizó, así como las ideas que concibió para explicar el mecanismo de la evolución, siguen siendo el centro de la ciencia evolucionista.

Desde la época de Darwin, la ciencia ha evidentemente progresado. Se han dado pasos gigantes en genética, biología del desarrollo, paleontología y antropología, que han reforzado y profundizado considerablemente la causa de la evolución. Todavía, la esencia de la teoría de Darwin –que todas las especies vivas de la Tierra están relacionadas por la ascendencia y la descendencia, y que los cambios que observamos en la vida a través del tiempo son moldeados, en gran parte, por la «selección natural»– sigue siendo tan acertada como cuando Darwin publicó su *Origen de las especies* en 1859.

### Los años de formación de Darwin

¿Cómo un joven ávido de aventuras en espacios abiertos pero sin verdaderas aptitudes para los estudios convencionales se convirtió en el gran pensador cuyas ideas cuestionarían las respuestas a eternas preguntas como: «¿quién soy?», «¿de dónde vengo?», «¿cómo encuentro mi lugar en el mundo que me rodea»? Aunque Darwin no fue evidentemente el primero en imaginar que la vida había evolucionado, fue ciertamente el primero en asentar esta idea sobre una sólida base científica. Es así como su teoría de la evolución por la selección natural, se ubica en la historia de la humanidad entre los grandes adelantos del pensamiento.

El abuelo de Darwin, el médico Erasmus Darwin (1731–1802) fue, durante los últimos decenios del siglo XVIII en Inglaterra, el más célebre partidario de la idea de la transmutación, a saber el tránsito de una especie a otra. Se dice incluso que el gran zoólogo francés Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet, Caballero de la Marck (1744–1829, llamado Lamarck), encontró parte de su

inspiración en las obras de Erasmus Darwin. Lamarck sigue siendo para nosotros la persona que tuvo, antes que Charles Darwin, las ideas más convincentes sobre la evolución. Ahora bien, Lamarck imaginaba un mundo en el que las especies pasaban gradualmente de unas a las otras en el transcurso del tiempo e incluso de lo que hoy llamamos la biota. Tenía el presentimiento de que disponiendo de informaciones más amplias habríamos podido ver todas las diferentes especies de pájaros, que observamos desde nuestra ventana por ejemplo, transformarse en otras «especies» que viven en otros lugares. Por otra parte, Lamarck no tuvo argumentos convincentes para explicar como la evolución podría ocurrir.

Pero Lamarck tuvo también sus seguidores, entre ellos muchos profesores de Darwin cuando este inició a mediados de los años 1820 su breve incursión en la escuela de medicina de Edimburgo, a la edad de 16 años. Robert Jameson impartía allí un curso de historia natural que comprendía conferencias sobre «*el origen de las especies animales*». Este profesor fundó el *Edinburg New Philosophical Journal* que, en 1826, publicó un artículo anónimo que exaltaba las virtudes de las ideas de Lamarck.

Es probable que la experiencia que mayor influencia tuvo en la formación de Darwin en Edimburgo haya sido los trabajos que realizó con Robert Grant (1793–1874), zoólogo formado en París (Francia), admirador confeso de Lamarck. Grant y Darwin recolectaron diversos animales primitivos como esponjas, especies emparentadas con los corales y "animales del musgo" en los márgenes del Firth of Forth. Grant sorprendió a Darwin al



Periplo del Beagle alrededor del mundo

## La emergencia de la noción de «tiempo largo»

Para comprender por qué *El Origen de las Especies* estremeció a la sabiduría convencional durante su primera publicación en 1859, nos haría falta estar en la piel de un europeo del comienzo del siglo XIX. En las primeras décadas, las actividades científicas, más que una verdadera profesión, representaban un pasatiempo para los caballeros y los hombres de la iglesia. La Sociedad Geológica de Londres se creó sólo en 1807, fecha en la que se convirtió en la primera sociedad del mundo que reunía profesionales de las ciencias de la Tierra.

«En aquella época, el público creía que el libro de la Génesis de la *Biblia* era cierto en sentido literal», recuerda Randal Keynes, bisnieto de Darwin, autor de un libro sobre su ilustre abuelo. «Casi todos los hombres de ciencia creían que cada una de las especies habían sido creada por Dios, el hombre primero, y las otras especies inmediatamente después». El Prof. Edward Derbyshire, de la Sociedad Geológica de Londres, comenta: «En aquella época, los megafósiles de mamuts lanudos, por ejemplo, o de hipopótamos, rinocerontes y de hienas de las cuevas ya habían sido descubiertos en Eurasia, África y las Américas y estudiados por el padre de la paleontología», Georges Cuvier (1769–1832) y otros sabios. «Ahora bien, para el público, estos descubrimientos parecían simplemente confirmar la realidad del Gran Diluvio descrito en la *Biblia*. En particular, la presencia en las rocas de caracoles y animales marinos fosilizados tan lejos del océano\* daba crédito a esta interpretación».

El libro de la Génesis presentaba una Tierra que databa apenas de unos pocos miles de años. Pero los geólogos estaban perplejos por los fósiles incrustados en las capas sedimentarias que podían alcanzar 1 km de espesor. ¿Cómo estas capas pudieron formarse en algunos miles de años, y cómo explicar la ausencia aparente de vestigios de víctimas humanas del Diluvio? ¿Por qué tantos fósiles de animales y esa falta de fósiles humanos?\*

«En el momento en que Darwin se embarcaba para su viaje en el *Beagle* en 1831, muchos geólogos habían concordado en que la Tierra era mucho más antigua que el número conocido de generaciones humanas», explica Keynes. «En su mayoría creían que las formaciones terrestres habían sido creadas por acontecimientos súbitos, pero la realidad del Gran Diluvio bíblico daba lugar a un debate, y Charles Lyell comenzó a intervenir a favor de una visión gradualista de la historia de la Tierra». En su trascendental libro de 1830, *Los Principios de la Geología*, Lyell (1797–1875) sostenía que debieron transcurrir eones de tiempo antes de que las diversas capas de rocas se formaran, lo que él llamó «el largo tiempo», o tiempo geológico. Era partidario del «uniformitarismo», escuela de pensamiento de fines del siglo XVIII que afirmaba que los procesos naturales lentos que nosotros podemos observar participaron también del largo tiempo. Para sus defensores, las rocas actuales eran la llave del pasado.

El capitán FitzRoy le pasó a Darwin el primer tomo de *Principios de la Geología* de Lyell justo antes de la partida del *Beagle*. Luego, Darwin recibió el segundo tomo en América del Sur. En una carta de 1844 a su amigo Leonard Horner, Darwin explicaba que, durante el viaje, él había visto las formaciones rocosas con los ojos de Lyell».

\* No se sabía aún en esa época que los fósiles de amonites, animal marino, se encontraban incrustados en la roca a 8 000 m de altura en el Himalaya, prueba de las antiguas colisiones de placas que originaron esta masiva cadena montañosa.

\*\* Hubo que esperar hasta la primera mitad del siglo XX y el descubrimiento de la radioactividad, hacia los años 1890, para fechar las rocas, los huesos o los fósiles con la precisión usando la radiometría.

menos en una ocasión (quien lo relató más tarde), elogiando las ideas de Lamarck. Grant estaba a la búsqueda de las relaciones evolutivas entre los diversos grupos de animales e incluso entre plantas y animales. Darwin no solo compartía el secreto de estos trabajos, sino que también participaba en ellos realizando observaciones de novato con un microscopio óptico.

Pero Darwin no tenía ni corazón ni estómago para la medicina, cuando fue a inscribirse en Cambridge tenía una vaga idea de consagrarse un día al sacerdocio. Allí continuó con su pasión por la vida en espacios abiertos y la recolección de los escarabajos (orden coleópteros). Se le asignó al Reverendo John Stevens Henslow, a cuyo curso de botánica Darwin asistió tres veces. Henslow era un creacionista convencido, que negaba la evolución y creía, por el contrario, que todas las especies habían sido creadas por Dios una por una. Pero este sabía que las especies vegetales presentaban variaciones y entrenó a Darwin en como coleccionar especímenes y en tomar notas muy cuidadosas para poder documentar lo mejor posible estas variaciones entre las especies.

Darwin tuvo durante el verano de 1831, una formación breve pero determinante que le enseñó a cartografiar los estratos geológicos, durante una excursión al terreno

con el Reverendo Adam Sedgwick, uno de los geólogos más reconocidos de Inglaterra.

De regreso a casa, Darwin se encontró la carta de su destino, en la que le invitaban a embarcarse en el HMS *Beagle*, buque de la marina real, en su próximo viaje alrededor del mundo. Había sido designado a título de naturalista no remunerado y hombre de compañía del capitán Robert FitzRoy. Fue el inicio de lo que Darwin llamó «sin dudas el acontecimiento más importante de mi vida». Aunque su formación científica había sido rudimentaria, esta debía resultar más que suficiente para este joven ambicioso.

### El periplo del *Beagle*, 1831–1836

En un inicio el viaje del *Beagle* debía ser una circunnavegación alrededor del mundo en tres años, con el primordial objetivo de mejorar los mapas marítimos de las costas del Atlántico y del Pacífico de América del Sur. Inglaterra, que había afianzado su presencia en Australia, Nueva Zelanda y África del Sur, acababa de apropiarse de las islas Malvinas, frente a la costa de la Patagonia argentina.

Darwin regresó de ese viaje con una teoría sobre la forma en que se elevaron las montañas, de cómo se formaron los atolones y con sus primeras ideas sobre cómo surgen las nuevas especies –sus primeras intuiciones sobre la evolución. Siempre se interesó por la forma en que funcionaban las cosas y sus observaciones y colecciones de historia natural a menudo estaban acompañadas de una intensa reflexión sobre lo que las rocas, los fósiles, las plantas y los animales podían revelarle a propósito del funcionamiento y organización del mundo.

En septiembre de 1832 el *Beagle* realizó la primera de sus dos visitas a Bahía Blanca, en el sector sudeste de la provincia de Buenos Aires. En dos localidades, Punta Alta (destruida posteriormente) y Monte Hermoso, Darwin coleccionó una gran variedad de huesos y conchas fosilizadas. Tuvo el presentimiento de que los fósiles de las conchas marinas coleccionadas pertenecían a las mismas especies de moluscos y a otros invertebrados que vivían todavía en las aguas de Bahía Blanca, pero que los fósiles de los mamíferos eran de especies que habían desaparecido. Más importante aún: Darwin estaba convencido de que los mamíferos fósiles estaban emparentados<sup>1</sup> con los mamíferos que vivían aún en América del Sur. El gigantesco carapacho óseo de lo que luego se le llamó Gliptodontidos, le parecía pertenecer a una especie desaparecida de armadillo. Los huesos de los perezosos terrestres gigantes habrían pertenecido



El cráneo y el carapacho acorazado del armadillo *Chorobates* (familia de los *Dasyopodidae*) del Plioceno de América del Sur, en la provincia de Buenos Aires, Argentina. Los *Dasyopodidos* son la única familia de los armadillos aún existentes, las otras dos familias –*Gliptodontidos* y *Pampatherides*– han desaparecido. El *Gliptodon* era uno de los mayores armadillos, ¡tenía alrededor del tamaño de un auto! Los *Gliptodontidos* evolucionaron primero en el Mioceno en América del Sur para luego desaparecer al final de la última glaciación al mismo tiempo que los perezosos terrestres gigantes y otras especies de la megafauna.

también al mismo grupo de los *Xenarthra*<sup>2</sup>, mamíferos que comprenden también a los armadillos y los osos hormigueros, especies todas que únicamente encontramos en las Américas y sobre todo en América del Sur.

Sin embargo, los mamíferos gigantes desaparecidos parecían ser, cuando más, primos lejanos de las especies actualmente vivas de armadillos y de perezosos. Mucho más apasionantes eran los huesos fósiles, más pequeños, que provenían de Monte Hermoso y que Darwin creía que pertenecían a una especie muy próxima del cobayo de la Patagonia (*Mara*), todavía en vida. Este roedor ocupa el 3<sup>er</sup> lugar en el mundo por su gran tamaño, detrás de la capibara de América del Sur y el castor de América del Norte. En Monte Hermoso, Darwin encontró pruebas de que todos los géneros de mamíferos no habían desaparecido al mismo tiempo: el gliptodonte y el perezoso gigante terrestre pertenecían a géneros diferentes de las especies actuales. En cambio, Darwin pensaba que tanto las especies vivas del cobayo como la especie fósil de la Patagonia debían pertenecer al mismo género.

Con el cobayo fósil de Monte Hermoso, Darwin pudo constatar por sí mismo la existencia de una especie desaparecida reemplazada por un pariente cercano todavía vivo. Es imposible sacar conclusiones certeras de que a partir de ese momento Darwin se convirtió en un «transmutacionista», pero sus notas demuestran que pensaba seriamente en esa

posibilidad desde finales de 1832. ¡No puedo entonces evitar considerar que Bahía Blanca fue tan determinante para el desarrollo del pensamiento de Darwin, como su visita, mucho más célebre, a las islas Galápagos tres años más tarde! Es por ello que los estratos geológicos de Monte Hermoso, con sus muy ricos y productivos restos fósiles, merecen ser inscritos en la Lista de los Sitios Patrimonio Mundial de la UNESCO al igual que las Galápagos, que ya recibieron esta importante distinción.

Darwin veía especies distintas reemplazarse las unas a las otras con el transcurso del tiempo. Pronto haría la misma observación en las especies vivas. Tal como lo señaló en su obra *El Origen de las Especies*, publicada años más tarde, el constataba que una especie reemplazaba a otra a medida que se viajaba hacia el sur del continente de América del Sur. Su mejor ejemplo es el de las dos especies de ñandúes, ave de América del Sur parecida al avestruz. En Bahía Blanca y en otros lugares de la pampa, Darwin vio, colectó y hasta incluso comió especímenes de ñandú, el gran ñandú. Más al sur, específicamente en la Patagonia, oyó hablar de otra especie, más pequeña y oscura, el «choique», que llevó durante un tiempo el nombre de «ñandú de Darwin».

Darwin sabía que las zonas de distribución de estas dos especies estaban separadas por el río Negro, que marca el límite de las pampas al norte, y la Patagonia al sur. Pero en el transcurso de la expedición comprendió que las dos especies no se mezclaban una con la otra, como lo habría supuesto la teoría de Lamarck. Por el contrario, permanecían tan distintas y claramente reconocibles lo mismo estando cerca una de la otra que en sus respectivas áreas de distribución.

Darwin constató un comportamiento similar de reemplazo geográfico de especies diferentes en otros grupos de aves. Cuando el *Beagle* hizo escala en las islas Malvinas, y sobre todo la segunda vez, a principios de 1834, Darwin pudo confirmar esto al ver por primera vez que las especies de las islas situadas en la costa sur americana eran distintas, aunque conservando características distintivas típicas de las especies suramericanas. Observó específicamente que la zorra de las islas Malvinas se



Wikipedia Commons

Uno de los fósiles que Darwin descubrió en Punta Alta fue el de un *Megatherium*. A diferencia de sus parientes vivos, los perezosos de árboles, el *Megatherium* era un gigante. Cuando estaba sobre sus patas traseras, como aquí, era aproximadamente el doble de la altura de un elefante. Este perezoso vivió durante el Pleistoceno.

## El primer sistema científico de clasificación binomial

El botánico y zoólogo sueco Carl Linneo (1707–1778) no fue el primero en intentar clasificar científicamente los seres vivos. Hizo sin embargo, una contribución mayor a la taxonomía al crear una nomenclatura binómica y jerárquica de la naturaleza. Situó en la cumbre el reino Animalia para los animales y el reino Vegetabilia para las plantas. El tercer reino Mineralia estaba reservado a los minerales.

El reino animal (*Animalia*) se dividía en Phyla (singular: phylum). A su vez, el Phyla se dividía en clases, las clases en órdenes, los órdenes en géneros y los géneros en especies. Por ejemplo, *Homo sapiens* forma parte del reino animal, del phylum de Chordata, \* la clase de Mamalia y orden de los Primates. *Homo* se refiere al género y *Homo sapiens* a la especie.

Doscientos años después, el sistema científico de clasificación continúa mejorándose.

\* Los Cordados comprenden a los vertebrados y a varios invertebrados. Su punto en común es, en ciertos estadios de su vida, un notocordio, esbozo de columna vertebral, un tubo nervioso dorsal (que constituiría la médula espinal de los vertebrados) orificios nasales, (que formarían seguidamente parte de la garganta o, en los peces, las branquias), una cola que sobrepasa ampliamente el ano y un endotelio (en la faringe) [Wikipedia].



Un perezoso de garganta oscura (*Bradypus variegatus*) en Panamá

diferenciaba de todas las especies del continente vecino. Más exactamente, las zorras de las islas orientales y occidentales de las Malvinas eran ligeramente diferentes entre sí, constituyendo un ejemplo de reemplazo de una variante por otra aún dentro de la misma especie.

En febrero 1835, el *Beagle* estaba anclado en la ciudad de Valdivia, en Chile. El 20 de febrero, Darwin había descendido a tierra cuando un violento temblor de tierra lo aterró. Quizás aún bajo los efectos del suceso, escribió un pequeño ensayo titulado

*Febrero 1835*. El manuscrito se conserva en el Earthquake Portfolio de la biblioteca de la Universidad de Cambridge, en el Reino Unido, con las numerosas notas tomadas durante la expedición del *Beagle*. Darwin hace alusión al cobayo (Mara) de Monte Hermoso, discute sobre los patrones de la extinción y, por primera vez, del «nacimiento» de las especies que se reemplazan las unas a las otras. Estaba en ese momento muy próximo a abrazar la transmutación, aunque sin haberlo escrito explícitamente. Hay que señalar que el capitán FitzRoy tenía el derecho a leer las notas de toda la tripulación y lo había hecho ya en una ocasión con Darwin. La repugnancia de este último en tener que revelar sus convicciones crecientes sobre la transmutación, que persistió a todo lo largo de los años 1840 y solo cesó con la publicación en 1859 del *Origen de las Especies*, había comenzado, con toda evidencia, cuando se formaba su pensamiento evolucionista a bordo del *Beagle*.

He llegado a considerar las Galápagos, donde el *Beagle* arribó en agosto 1835, no como el inicio del pensamiento evolucionista de Darwin sino más bien como el fin de todo indicio de reservas que Darwin hubiera podido aún tener respecto a la evolución. Si bien cometió el error de no reconocer la importancia de la mezcla engañosa de los pequeños pájaros negros y carmelitas que después llevaron el famoso nombre de «pinzones de Darwin», sí descubrió lo que esperaba: que todos estos animales tenían afinidades fundamentales con América del Sur, y que algunos parecían variar de una isla a la otra (al inicio, no estaba seguro de que lo mismo ocurriese para las plantas). Este patrón, que ya le era familiar en las Malvinas,



Dibujo de una zorra de las islas Malvinas, el *Dusicyon culpaeus*, poco antes de su extinción debido a la caza. Darwin lo clasificó como *Canis antarcticus*.

se le impone bruscamente cuando observa el sinsonte (pájaro burlón) en varias islas del archipiélago de las Galápagos.

El gobernador de las Galápagos, que en aquel entonces era una colonia penitenciaria española, le dijo que cualquier persona que conociera bien el archipiélago podía decir «a simple vista», como escribió más tarde Darwin, de qué isla procedía el carapacho de una tortuga muerta. Mientras que el viaje llegaba a su fin y que Darwin organizaba y retranscribía sus notas, se refirió a los sinsontes o pájaros burlones de las Galápagos. Señaló que dichos pájaros parecían ser diferentes de una isla a la otra –pensaba que había tres o cuatro «variedades» o quizás especies distintas– recordó las zorras de las islas Malvinas y las tortugas de los Galápagos que había visto. Es entonces cuando redacta su célebre reflexión: «Si estas observaciones tienen algún fundamento, la zoología de los archipiélagos merece ser estudiada; ya que tales hechos quebrantarían la estabilidad de las Especies». Hoy, casi todos los estudiosos son de la opinión de que, desde mediados de 1835 y estando aún a bordo del *Beagle*, Darwin –aunque con mucha prudencia– se había declarado transmutacionista.

### La teoría de Darwin evoluciona: 1837–1859

El *Beagle* regresara a Inglaterra a finales de 1836. No obstante, no es hasta comienzos del año siguiente que Darwin pudo reanudar sus notas y escribir sus últimas reflexiones sobre la expedición del *Beagle*, en el famoso *Cuaderno Rojo* que había abierto cuando aún estaba en el mar. El se presenta –¡al fin!– como un transmutacionista verdadero, escribiendo de nuevo lo fundamental de su ensayo *Febrero 1835*, pero en términos explícitamente evolucionistas. El dice, por ejemplo, que no existe ningún «cambio progresivo» en una u otra de las dos especies de ñandúes en el lugar donde convergen sus áreas de distribución. El reemplazo es brusco, y Darwin dice «...si una especie cambia efectivamente en otra, debe ser *per saltum*». No sólo Darwin especula abiertamente sobre la transformación de una especie en otra, sino que también especifica que ello debe hacerse por un «salto» brusco entre la especie ancestral y la descendiente.

Es ahí que las cosas cambian. En el *Cuaderno Rojo*, Darwin es un «adepto del saltacionismo» (del latín *saltus*), que cree que las nuevas especies surgen de bruscas transformaciones de las especies ancestrales. Pero cuando reabre el primero de sus «cuadernos transmutacionales», a finales de 1837, sus referencias al *Beagle* son escasas y aisladas.

En lo sucesivo, Darwin se lanza por un camino evolucionista diferente donde cuestiona los principios de la herencia y los patrones de la variabilidad. Nosotros nos preguntamos entonces: ¿por qué cambio de dirección?

A menudo se dice que Darwin solo se «convirtió» a la evolución luego de haber regresado a casa y



Dibujo de un ñandú que durante algún tiempo llevó el nombre de «ñandú de Darwin».



Un cobayo de la Patagonia (*Dolichotis patagonum*) parecido al que Darwin observó en Monte Hermoso

## Excursión a través del tiempo



En la Riviera inglesa, las playas emergidas que se distinguen sobre los acantilados son reveladoras de antiguos cambios del nivel del mar.

Representación de un Plesiosaurus macrocephalus, un reptil marino del Jurásico temprano (alrededor de 190 Ma). Este fósil de 3 m de largo fue encontrado en 1823 en una playa de Lynne Regis por Mary Anning (1799–1847), destacada entre los primeros buscadores de fósiles. Un año después, descubrió el fósil del primer reptil volor nunca antes encontrado en Inglaterra, un pterosaurio que fue llamado posteriormente Dimorphodon. Luego, en 1828, descubrió el fósil de un pez sin mandíbulas, el Dapedium politum. Su primer gran descubrimiento fue un ictiosaurio en 1811.



En los tiempos de Darwin, la geología y la paleontología estaban en sus albores. Darwin hubiera podido, sin embargo, estar al tanto sobre la gran cantidad de fósiles descubiertos en la costa sur de Inglaterra, en sitios que hoy forman parte de las redes mundiales de la UNESCO.

### La costa jurásica

Comúnmente denominada Costa jurásica, el sitio del Patrimonio Mundial costa Dorset y del este de Devon se extiende sobre 150 km de costas y comprende una de las secuencias geológicas más espectaculares del mundo que cubre los periodos del Triásico, Jurásico y Cretáceo. Estas constituyen un testimonio de la variabilidad a lo largo del tiempo del clima de la zona. Las rocas revelan evidencias de un pasado de océanos profundos y de mares templados y poco profundos, de bosques densos, pantanos, lagunas, lagos salados e incluso, de desiertos calientes: en la costa del este de Devon, donde las rocas triásicas datan de 250 Ma, el acantilado rojo formaba parte entonces de un paisaje desértico similar al de la Namibia actual.

William Buckland fue el primero en reconocer los excrementos fosilizados del Lias alrededor del Lynne Regis, que él llamó coprolitos. Estimaba que los vastos valles Axe y Char constituían la prueba del diluvio bíblico ya que, según explicaba, los ríos eran demasiados pequeños para haber originado esos valles. Actualmente, nosotros interpretamos a la era glaciár como la época en que los ríos eran lo suficientemente grandes como para provocar tal erosión. En 1822, Buckland publicó *Sobre la excavación de los valles que intersectan la costa sur de Devon y Dorset*.

Hacia 1830, Sir Henry de la Beche publicó la primera ilustración de un ambiente pasado, *Duria antiquior*, donde imaginaba un antiguo Dorset según los fósiles descubiertos por Mary Anning en Lynne Regis. De la Beche y el Reverendo William Conybeare fueron los primeros en describir a los ictiosaurios.

El reverendo Osmond Fisher, estudiaba las pequeñas canteras de la zona de Bincombe, en el Dorset. Sus estudios dieron lugar, en 1881, al primer manual de geofísica teórica, *Física de la corteza terrestre*. Se anticipó 70 años a las ideas que constituirían más tarde la teoría moderna de la tectónica de placas.

En la actualidad, los mejores lugares para encontrar fósiles son las playas que bordean las ciudades de Charmouth y de Lynne Regis. Igualmente, en los museos locales son expuestos especímenes fosilizados y huellas de patas de dinosaurios descubiertas por los obreros de las canteras. Algunos de los fósiles encontrados en las playas y los acantilados de la Costa Jurásica nos informan sobre el clima pasado de la región.

### El Geoparque de la Riviera inglesa

Hace aproximadamente 375 Ma, el Geoparque de la Riviera inglesa se encontraba bajo el mar, al sur del ecuador. En sus aguas calientes, crecían corales masivos y además abundaban criaturas hoy desaparecidas. Durante millones de años, huesos y conchas provenientes de organismos marinos se acumularon en capas que constituirían la dura roca caliza. Más tarde, estas capas fueron plegadas y fracturadas en la época en que los movimientos tectónicos empujaban la corteza terrestre hacia el norte. Hacia 280 Ma, el Geoparque estaría situado apenas al norte del ecuador y formaba parte de un vasto desierto. Fue en ese momento que se formaron las areniscas rojas, característica de la región. Una sucesión de glaciaciones y de los periodos interglaciares más calientes, comenzada hace 2,5 millones de años, originó las cuevas del Geoparque que proporcionaron un refugio a los animales y al hombre primitivo.

Una de esas cuevas, la Caverna de Kents, está abierta al público. «Es testigo de una secuencia ininterrumpida de ocupación

humana que se remonta a medio millón de años», declaró Nick Powe, su propietario. Entre 1865 y 1880, William Pengelly realizó en ella investigaciones a la luz de las velas. Retiró de la cueva dos niveles de estalagmitas, formadas después de cada glaciación, y presentó las pruebas de una ocupación humana de hace 500 000 años, acompañadas de huesos de osos y de leones de las cuevas, de mamuts, de rinocerontes lanudos y de hienas.

Charles Darwin se demoró escribiendo los últimos capítulos de *El Origen de las especies* mientras estaba cerca de la playa de Meadfoot en Torquay. Mantenía una correspondencia regular con Pengelly, cuyos descubrimientos conmocionaron a la comunidad científica ortodoxa de Londres de aquella época. Un fragmento de

mandíbula humana encontrado en la cueva, recientemente fechado

de 35 a 40 000 años, es una de las más antiguas huellas de humanos modernos (*Homo sapiens*) encontradas en Europa. El ADN del fragmento está actualmente en estudio por el Proyecto del Reino Unido sobre la ocupación de Gran Bretaña por los antiguos humanos, dirigido por el Prof. Chris Stringer, del Museo de Historia Natural de Londres. Los resultados no son concluyentes aún, pero la mandíbula pudiera pertenecer al cráneo de un Neandertal. Esa sería la prueba de que esos hombres, un día, coexistieron aquí con el hombre moderno. Mientras, continúan las investigaciones arqueológicas: después de 80 años, en septiembre comenzó la primera excavación en la Caverna de Kents. El equipo, procedente de las

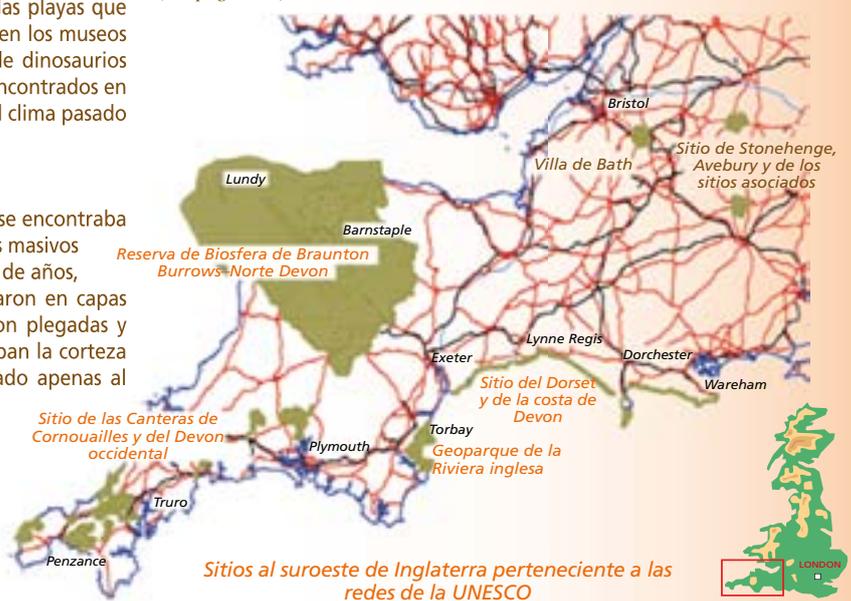
Universidades de Sheffield y de Durham, busca pruebas nuevas, aún intactas, de una ocupación de la caverna por los neandertales.

Fuente: Comunicación personal de Nick Powe, Mel Border y Richard Edmonds; Coles, P. (2008) *Neandertal Man at the seaside*, El Correo de la UNESCO ; [www.kents-cavern.co.uk](http://www.kents-cavern.co.uk); [www.jurassiccoast.com/](http://www.jurassiccoast.com/).

Para más detalles sobre la Reserva de Biosfera de Braunton Burrows–Norte Devon, (ver página 20).



La mandíbula encontrada en la caverna de Kent pudiera ser la de un Neandertal.



Sitios al suroeste de Inglaterra perteneciente a las redes de la UNESCO

haber escuchado la opinión de los expertos sobre la identificación de todos los especímenes que trajo. Aunque hemos visto que no fue exactamente así, pienso ó que el conocer la opinión del ornitólogo John Gould de que la desconcertante agrupación formada por los pequeños pájaros de las islas Galápagos, representaba de hecho, un grupo de pinzones estrechamente emparentados, fue un momento que marcó un giro decisivo para Darwin. Ahora, en vez de tener que buscar una teoría para explicar el reemplazo de una especie por otra, en tiempo y espacio, necesitaba una explicación para las variaciones entre especies muy próximas, uno de cuyos ejemplos eran las diferencias entre forma y tamaño de los picos de estos pinzones de las Galápagos.

Dicho de otra forma, Darwin necesitaba una teoría de la adaptación. Necesitó casi un año para formular su idea de la selección natural. El conocía ya de la existencia de un cierto proceso de la herencia, que hace que la descendencia se parezca a sus padres. Así lo escribió en su *Cuaderno E*, «los nietos como los abuelos». No conocía el porqué, pero era así.

De la misma manera, Darwin sabía que la variación existía, una «tendencia al pequeño cambio», como lo señala en el *Cuaderno E*. Sabía también que estas variaciones eran transmisibles. El último eslabón de la cadena lógica apareció cuando leyó *Un ensayo sobre el Principio de la Población* (1798), del pastor inglés Thomas Malthus (1766–1834). Tomó entonces conciencia del hecho de que la reproducción sexual provoca rápidamente un crecimiento exponencial de la población, a menos que intervengan ciertos factores para regular su expansión. He aquí el razonamiento: digamos que una pareja de padres produce dos descendientes; si cada uno produce dos, habrá cuatro descendientes en la próxima generación, y así seguidamente. Darwin decía que el mundo estaría lleno de elefantes «parados unos al lado de los otros», aún teniendo en cuenta su baja tasa de reproducción, si se empieza con una sola pareja observando su reproducción durante unos miles de años. Sin embargo, el mundo no está lleno de elefantes parados unos al lado de los otros, ni de ninguna otra especie (con la alarmante excepción de los seres humanos). Ahí debe haber algo que frene el crecimiento de la población. Darwin aprendió de Malthus que las reservas alimentarias eran el principal factor limitante, aunque un sin número de otros factores, como las enfermedades y la depredación también intervenían.

Darwin observó entonces que por lo general, los individuos dotados de las variaciones «más favorables» sobrevivían y se reproducían más que los otros miembros de la población dotados de características menos aventajadas. Darwin definió así un proceso análogo al de la «selección artificial» de los criadores que logran que individuos, en los campos (plantas), y en los establos (ganado), que tengan las características mejor desarrolladas, como la producción de leche, produzcan una descendencia que dé quizás aún mayor cantidad de leche. ¡He aquí la selección natural!

Darwin plasmó sus pensamientos por escrito en 1842 en un pequeño ensayo, el *Pencil Sketch*. Después desarrolla estas reflexiones en 1844 en un *Ensayo* mucho más amplio. Estos dos manuscritos concatenan sus ideas de la misma manera y utilizan el mismo lenguaje que en su *Origen de las Especies* de 1859.

Pero en lugar de publicar, Darwin se dedicó a otros proyectos, nunca le gustó mucho dar a conocer sus ideas al mundo, incluso cuando ya a finales de 1844 había comenzado a hacer partícipe de ellas a sus amigos y parientes cercanos. No es hasta 1851, alrededor de un año después de la muerte, a los diez años de edad, de Annie, su hija adorada, que se sintió obligado a comenzar a reunir sus notas para escribir su «gran libro sobre las especies», que se llamaría *Selección natural*.

Darwin tuvo una especie de iluminación a mediados de los años 1850, al entrever como la selección natural podría acarrear la modificación de las especies según las diferentes regiones geográficas. En el aislamiento, «variedades» distintas y hasta quizás especies distintas terminan por emerger: esta visión del proceso de especiación está muy próxima del concepto moderno.

Denominó estas reflexiones con la rúbrica «principio de divergencia» en el borrador de su gran libro sobre las especies que, lamentablemente, nunca fueron publicadas en vida. Por el contrario, presionado al recibir durante el verano de 1858 una carta y un manuscrito del naturalista Alfred Russell Wallace (1823–1913), que anunciaba su descubrimiento de la evolución, personal e independiente, por un proceso que Darwin llamaba «selección natural», Darwin se vio obligado

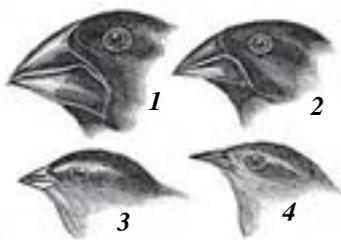
a echar todo a un lado para publicar precipitadamente un «resumen» de sus ideas. Este «resumen» fue un libro voluminoso, la obra que estremeció al mundo, *Del Origen de las Especies por Vía de la Selección Natural*, publicado apenas un año después de recibir el manuscrito de Wallace.

Los matices expresados en el «principio de divergencia» de Darwin nunca encontraron su lugar en el *Origen de las Especies*. Estas ideas conciliaban, por una parte, su interés inicial por el surgimiento de especies distintas en tiempo y espacio y de otra su ulterior examen de la modificación adaptativa de las características de los organismos por vía de la selección natural. El mundo heredó, por el contrario, una visión de la evolución centrada en la modificación progresiva de las características de los organismos por la selección natural, proceso –y es más bien irónico– que recuerda la «huella» de la variación de Lamarck, para la cual Darwin al inicio no encontró ninguna prueba.

### La evolución a partir de Darwin

A partir de Darwin, tres temas fueron desarrollados por la biología de la evolución:

- El retorno a ciertas cuestiones dispersas en los manuscritos de Darwin como el aislamiento y aparición de especies distintas en tiempo y espacio,
- Explicar lo que para Darwin solo eran «cajas negras», a saber la ciencia de la herencia, la genética, y su desarrollo ulterior en la biología molecular, así como el esclarecimiento de la forma en que la información genética se expresa durante el desarrollo del organismo –en el caso de los animales vertebrados, a partir de la única célula de un huevo fertilizado, hasta el cuerpo adulto que posee miles de millones de células organizadas en cientos de tipos diferentes y



Dibujo de los «pinzones de Darwin» de las islas Galápagos: *Geospiza magnirostris* (1), *Geospiza fortis* (2), *Geospiza parvula* (3) y *Certhidea olivacea* (4)

- La enorme cantidad de nuevos ejemplos y de conocimientos de la historia de los seres vivos, que confirman una y otra vez la verdad fundamental de las visiones evolucionistas de Darwin.

Consideraré brevemente cada uno de estos tres temas pero en el orden inverso. A menos que exista una duda racional sobre la verdad elemental de la simple afirmación de que la vida evolucionó, sobre la cual Darwin acumuló ejemplos, sería desconcertante comparar lo que conocemos hoy acerca de la historia de la vida en la Tierra, basada en los registros de los fósiles y en la diversidad de la vida siempre presente en la Tierra, con lo que se sabía en los tiempos de Darwin. El «árbol de la vida» mediante el cual los biólogos indagan los datos moleculares (ADN y ARN) con el fin de perfeccionar los análisis convencionales sobre los lazos de parentesco de los organismos, ha revelado la compleja red de relaciones entre los millones de especies que habitan la Tierra actualmente. En lugar de los simples árboles de vida rudimentarios que Darwin esbozaba en sus cuadernos, las computadoras perfeccionan constantemente los detalles precisos de este árbol de la vida.

En el mismo orden de ideas, los paleontólogos han acumulado un conjunto impresionante de ejemplos de fósiles de transición. Por citar sólo tres ejemplos: el *Tiktaalik*, «pez con patas» de 360 millones de años, que representa un vínculo entre peces y anfibios; ballenas primitivas que poseen rasgos característicos de su ascendente el mamífero terrestre artiodáctilo (pezuña hendida); el conocido *Archaeopteryx*, que vincula visiblemente a los reptiles y a los pájaros.

Pero mi ejemplo preferido de una prueba irrefutable de la evolución se sitúa en la fuente misma de todo rechazo a aceptar las respuestas evolucionistas brindadas por Darwin a las preguntas «¿quién soy?», y «¿de dónde vengo?». Los registros fósiles de la evolución humana que constituyen una prueba aplastante y lo es aún más, tras concluir cada nueva expedición para su búsqueda en África, Europa y Asia. Estos registros demuestran que nosotros «descendemos» de australopitecos que vivían en África hace 6–1,5 millones de años parecidos a los grandes monos actuales. Nuestro propio linaje se bifurcó de algunos de esos precursores, marcado desde el principio por un aumento de la dimensión del cerebro. Luego de varios estadios de la evolución de nuevas especies, cada una dotada de un cerebro mayor, culminaron con la aparición de nuestra especie en África, hace unos 150 000 a 200 000 años. Recién llegados a la escena de la evolución, no estamos por ello menos orgullosos de ser los descendientes de una larga sucesión de ancestros de la que Darwin no tenía ningún conocimiento personal, aunque él supo que, evidentemente, debía existir. Darwin había previsto



Fósil de un *Archaeopteryx* (150 Ma) mostrando las huellas de las alas. El *archaeopteryx* se considera el eslabón perdido entre los dinosaurios y los pájaros.

Foto del fósil del Museo de Historia Natural de Berlín

con justeza que un día se probaría que nuestra especie se había desarrollado en África. Nosotros lo hicimos y, en este punto, los datos moleculares concuerdan con los fósiles.

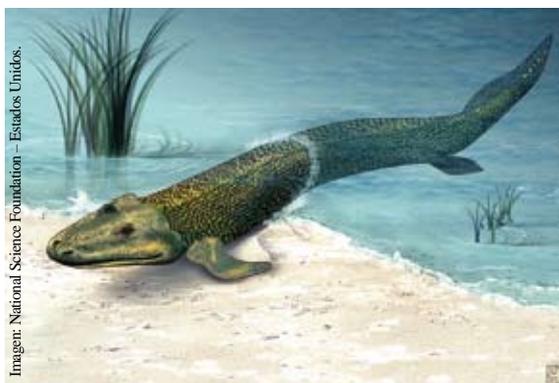
El redescubrimiento de los trabajos experimentales del monje botánico austriaco Gregor Mendel (1822–1884) fue seguido, desde el comienzo del siglo XX, de una explosión de conocimientos en genética. En su sed de conocimientos, Mendel había hecho crecer no menos de 29 000 variedades de guisantes (chícharos) en el jardín de su monasterio con el fin de comprender cómo se formaban los híbridos. Esto concluyó en lo que llamamos las leyes de Mendel sobre la herencia, lo que le valió el título oficioso de «padre de la genética moderna».

Los genes fueron descubiertos, luego la estructura química del ARN y del ADN abrió el nuevo mundo de la biología molecular. Los datos obtenidos en estos campos del conoci-

miento, como ya se ha señalado, confirman sin la menor duda el pedigrí evolucionista de todas las especies vivas. Pero hoy, sabemos mucho más: por qué los organismos se parecen a sus padres, cómo y por qué ocurren las mutaciones y cómo esta información genética puede dar lugar a un organismo adulto a partir de un huevo fertilizado. Por otra parte, comprendemos mucho mejor cómo funciona la selección natural, cómo algunos organismos diferentes pueden con-evolucionar para su mutuo beneficio, como esas plantas e insectos que se dotan de estructuras que permiten la fertilización de la planta y la alimentación del insecto. Comprendemos cómo las adaptaciones pueden modificarse en estructuras nuevas capaces de desempeñar papeles y funciones adicionales. Por ejemplo, las aletas de un pez, utilizadas por alguna especie primitiva para escalar a duras penas el fondo de un lago, luego quizás, balancearse torpemente en la orilla, puedan convertirse en verdaderas patas luego de un proceso de desarrollo evolutivo. Estas patas podrán entonces, en una especie posterior, modificarse en alas que permitan el vuelo. Todas estas asombrosas ideas surgen del nuevo mundo de la biología molecular; ellas revelan los secretos de las formas en que la vida ha evolucionado, sobrepasando todo lo que el mismo Darwin hubiera

encontrado asombroso. En esencia, su teoría está vigente, pero nuestra comprensión más exacta del modo de funcionamiento del proceso es infinitamente más compleja, tanto como no lo hubiera podido demostrar la biología de los tiempos de Darwin, ciencia que sólo debutaba entonces.

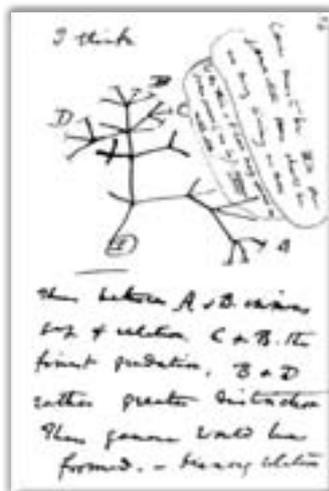
Finalmente, en lo que me concierne personalmente como paleontólogo, me he esforzado durante toda mi carrera en fraguar lazos más estrechos entre los registros fósiles de la historia viva y nuestras ideas sobre la forma de la evolución de la vida.



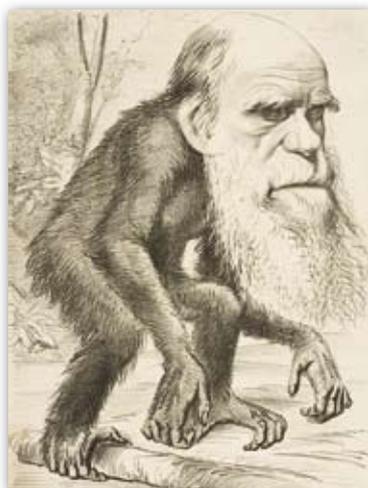
Reconstitución del *Tiktaalik*, según un fósil descubierto en el Ártico canadiense en 2006. El *Tiktaalik* ilustra la transición del pez al anfibio. Técnicamente, es un pez, pero con la cabeza aplastada de un cocodrilo. También podía sostenerse sobre sus robustas aletas.

Imagen: National Science Foundation – Estados Unidos.

Frente a la versión moderna de la teoría de Darwin sobre una evolución lenta, regular y progresiva, dictada por la selección natural, investigué en vano las rocas para encontrar en ellas un cambio progresivo, gradual y de adaptación. Por el contrario, las especies me parecieron más bien idénticas luego de su primera aparición, sin sufrir casi ningún cambio durante millones de años. Nuevas especies, que a veces se diferenciaban muy poco de sus ascendientes, aparecían de vez en cuando, por lo general, de forma bastante abrupta, lo que implicaba una modificación rápida en su evolución. Estas observaciones, interpretadas a la luz de teorías modernas sobre la formación de las especies bajo el efecto del aislamiento geográfico, inspiraron mis primeras ideas sobre «equilibrios puntuales», que publiqué bajo ese nombre con Stephen Jay Gould en 1972.



El rudimentario «árbol de vida» esbozado por Darwin en 1837 en uno de sus cuadernos



Caricatura de Darwin como un gran mono, publicada en 1871 en una revista. El Origen de las Especies generó un debate internacional, por momentos agitado, sobre todo en relación con la ascendencia simiesca de los humanos. Incluso Charles Lyell se sintió confundido. Darwin se burlaba cuando el 10 de enero 1860 le escribió: «Nuestro ancestro era un animal que respiraba agua, tenía una vejiga natatoria, un gran cola-aleta, un cráneo imperfecto y era, sin dudas, ¡hermafrodita! «¡He aquí una encantadora genealogía para la humanidad!»»

Hasta hace muy poco yo ignoraba completamente que Darwin veía la evolución, en un principio, como el nacimiento de especies diferentes que se sustituían unas a las otras en el tiempo y la geografía. Me opuse a sus ideas más tardías y profundas, cuando dejó de considerar la estabilidad de las especies que, sin embargo, había reconocido anteriormente en sus cuadernos de notas, y cuando comenzó a minimizar la importancia del aislamiento en la evolución. Las ideas modernas sobre el papel y la importancia del aislamiento geográfico en la evolución –ideas esenciales para la instauración de los equilibrios puntuados– fueron reformuladas solamente en 1930, fundamentalmente en los trabajos del genético ucraniano Théodosius Dobzhansky y el ornitólogo alemán Ernst Mayr.

Dicho de otra forma, numerosos patrones de la historia de la vida que Darwin vió en sus años jóvenes, pero que abandonó cuando desarrolló su teoría de la evolución, considerados desde entonces como un simple aspecto de la adaptación por selección natural, han sido, de pronto reexaminados, y poco a poco, reintegrados en el cuadro más vasto de la naturaleza del proceso evolucionista.

Queda mucho por hacer en las tres categorías y sin dudas, tendrán lugar descubrimientos más importantes. Lo más apasionante para mí es la comprensión, adquirida recientemente, de que la mayor parte de la evolución parece producirse después de que episodios de extinción se llevan consigo varias especies y desencadenan la evolución de otras nuevas al mismo tiempo. Una vez más, Darwin conocía sobre los patrones de la extinción y añadió una nota al respecto en el manuscrito de su *Ensayo* de 1844. Escribió: «Comenzad más bien así: Si después de catástrofes, especies creadas caen como aguaceros en este mundo, mi teoría se desmorona». Sin embargo, es evidente que el patrón de una extinción, seguido de especies «que llueven en aguaceros por el mundo», es tan evidente como que las ideas generales de Darwin sobre la evolución eran igualmente ciertas. Por ejemplo, la gran extinción a fines del Cretácico,

hace 65 millones de años, terminó por eliminar a los dinosaurios terrestres y muchos otros grupos terrestres, al mismo tiempo que a otros animales marinos tales como los amonites<sup>4</sup>. Los mamíferos estaban presentes hacía tanto tiempo como los dinosaurios, pero fue sólo después de la extinción total de los grandes dinosaurios que los mamíferos evolucionaron formando una matriz de tamaños y especies ecológicamente diversas, retomando de hecho, el papel que habían desempeñado los dinosaurios. Estas nuevas adaptaciones de los mamíferos evolucionaron, con certeza, según los mecanismos de variación y de selección natural que Darwin había enunciado inicialmente.

Antes del redescubrimiento de la importancia de la extinción en la historia de la vida, el último eminente biólogo que se interesó en el asunto fue el gran anatomista y paleontólogo francés George Cuvier, un creacionista anti-Lamarckiano. En estos últimos años, me he trazado el objetivo de ver cómo el proceso evolutivo, incluyendo la adaptación por la selección natural, la importancia de los cambios en el medio ambiente y el aislamiento para el surgimiento de nuevas especies, podían conciliarse con esos episodios de extinción y de proliferación evolutiva. Mi teoría del «cubo expandido» explica que, mientras más perturbado está el medio ambiente, será mayor el grado de la extinción (incluidos los eventos de extinción mundial) y podemos esperar a una evolución a mayor escala. ¿Cómo opera exactamente este proceso?: es un estudio no terminado. El pensamiento evolucionista también está en evolución. ¡Darwin sigue vivo aún!

Niles Eldredge<sup>5</sup>

Los recuadros e ilustraciones

de este artículo fueron compilados por la Redactora en Jefe.

1. En aquellos tiempos pre-evolucionistas, empleaban la expresión «estrechamente aliados».
2. El término *Xenarthra* significa «articulaciones extrañas». Este grupo de mamíferos placentarios es único por el hecho de poseer articulaciones invértidas suplementarias. Los *Xenarthra* comprenden a los osos hormigueros, los armadillos y los perezosos, que viven únicamente hoy en las Américas.
3. Ver: [www.darwinproject.ac.uk/darwinletters/calendar/entry-2647.html](http://www.darwinproject.ac.uk/darwinletters/calendar/entry-2647.html)
4. Para una breve historia de la evolución, ver *Un Mundo de Ciencia*, de octubre 2007 y de enero 2008.
5. División de paleontología, Museo Americano de Historia Natural, municipalidad de Nueva York, Estados Unidos.

## Albania aprueba su estrategia para la ciencia

**El 29 de junio, el Consejo de Ministros aprobó la *Estrategia de Ciencia, Tecnología e Innovación de Albania* para el período 2009–2015. El documento fue elaborado por el Departamento de Estrategia y Coordinación de Donantes, en las oficinas del Primer Ministro, en cooperación con el Ministerio de Ciencia y Educación y con el asesoramiento de la UNESCO.**

Este fija cinco objetivos estratégicos para 2015:

- ▶ triplicar la suma de los gastos públicos para la investigación y el desarrollo (I&D), con el fin de que alcance 0,6% de PIB;
- ▶ aumentar la parte de los gastos domésticos brutos en I&D que provienen de fuentes extranjeras, incluidas las de programas centrales de investigación de la Unión Europea, con el fin de que alcancen 40% de los gastos para la investigación;
- ▶ crear cuatro o cinco centros albaneses de excelencia en ciencia, que dispongan de un equipamiento de laboratorio y de locales al efecto que podrían servir de pre-incubadores, de ensayo, certificación, etc. para nuevas empresas de contenido tecnológico;
- ▶ duplicar la cifra de investigadores a través de medidas que inciten a su vez la lucha contra la «fuga de cerebros» –instituyendo por ejemplo un sistema de subvenciones para jóvenes investigadores o que regresan del extranjero– y la formación de nuevos investigadores, sobre todo 500 doctores en ciencia (PhD), lo cual necesita de la creación de uno a tres nuevos programas de doctorado en universidades albanesas;
- ▶ estimular la innovación en 100 empresas, ya sea invirtiendo en la I&D local, o estableciendo lazos de cooperación con institutos universitarios de investigación o asociados extranjeros.

Un plan de acción que precisa las modalidades operacionales completa la *Estrategia*. Esta debe ser puesta en marcha en sinergia con otras estrategias sectoriales, y tomando en cuenta la *Estrategia de Enseñanza Superior de Albania*, adoptada en 2008, y la *Estrategia Nacional de Desarrollo e Integración* (2007–2013). Esta última subraya la importancia de modernizar los sectores de la economía tales como la industria agro-alimentaria y el turismo e insiste sobre la importancia estratégica de la gestión de la energía, del medio ambiente y de los recursos hídricos.

Los interesados en la ciencia propusieron ubicar entre las primeras prioridades a campos de investigación tales como la agricultura, la alimentación, las tecnologías de la información y de la comunicación (TIC), la salud pública, la albanología y las humanidades, los recursos naturales, las biotecnologías, la biodiversidad, la defensa y la seguridad. Un análisis sectorial más amplio será realizado desde la base hacia arriba para determinar las prioridades de la investigación.

Albania, uno de los ocho países pilotos del programa Una Sola ONU, es por su tamaño y población, un pequeño país (3,6 millones de habitantes). Incluso luego de dos decenios de crecimiento, el PNB anual por habitante sigue siendo modesto, alrededor de 3 912 dólares (2008). La competitividad económica y las exportaciones son débiles, la economía está muy orientada hacia la pequeña tecnología. La agricultura absorbe más del 50% de la población activa.

6. Albania se convierte en miembro de la OTAN a comienzos de este año.

La Unión Europea (UE) se trazó, en su *Estrategia de Lisboa*, objetivos bien definidos para la investigación y la innovación con el fin de convertirse en la entidad económica más competitiva del mundo. Al igual que otros países de los Balcanes occidentales que aspiran a ingresar en la UE, Albania está retrasada en su proceso de desarrollo, habiéndose dedicado en estos últimos años a crear las bases de su crecimiento económico.

El vice primer ministro Genc Pollo reconoce que «el nivel de desarrollo socioeconómico requerido por el proceso de adhesión de Albania a la Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN), y a la UE, exige un refuerzo del papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en nuestra sociedad». En agosto, el gobierno aprobó la creación de una agencia albanesa de investigación, tecnología e innovación que debería facilitar la puesta en marcha de su política.

En 2006, el gobierno albanés inició una profunda reforma de su sistema de investigación científica. La Academia de Ciencias fue reorganizada según el modelo de muchos otros países europeos; dirigida a partir de ahora por un grupo de científicos seleccionados, esta ya no administra a los institutos de investigación, siendo estos subordinados a la enseñanza superior. Dos nuevas facultades fueron creadas: La facultad de tecnología de la información, en la Universidad Politécnica de Tirana, y la facultad de biotecnología y alimentación, en la Universidad Agrícola de Tirana. Esta última posee también un Centro de Física Aplicada y Nuclear y un Departamento de Biotecnología. Así mismo, doce agencias y centros gubernamentales de transferencia de tecnología fueron creados. Hasta hace muy poco, no había estadísticas de I&D ni de la innovación en Albania, recopiladas según las normas de la OCDE, de Eurostat ni de la UNESCO. A principios de año, una primera encuesta fue lanzada en los institutos públicos y universitarios; otra encuesta sobre la I&D en las empresas y de la innovación está en marcha, ambas con el apoyo de la UNESCO.

Para consultar el documento: [www.dsdc.gov.al/](http://www.dsdc.gov.al/); o para más detalles: [www.unesco.org/science/psd/thm\\_innov/albania\\_science.shtml](http://www.unesco.org/science/psd/thm_innov/albania_science.shtml); [i.nechifor@unesco.org](mailto:i.nechifor@unesco.org)

## La ONU adoptó los servicios climatológicos

**En un futuro no muy lejano, al encender la radio o la televisión, tal vez usted se encuentre con un pronóstico climático. Este, quizás, le informará que se esperan abundantes lluvias dentro de tres meses o que usted debe prepararse para una ola de calor el próximo verano. Estos pronósticos climáticos es uno de los múltiples servicios climáticos que fueron aprobados el 4 de septiembre, en Ginebra (Suiza) durante la Conferencia Mundial de las Naciones Unidas sobre el Clima.**

El Marco Mundial para Generar Servicios Climáticos suministrará alertas tempranas sobre las condiciones meteorológicas extremas y estimulará los intercambios de datos entre los científicos y gobiernos. Alertados a tiempo, los agricultores, administradores del agua, planificadores urbanos y del litoral, legisladores nacionales y municipales, entre otros, estarán en capacidad de prepararse contra los riesgos. Si, por ejemplo, se pronostica una sequía prolongada, un agricultor sabrá que no debe sembrar plantas que necesiten mucha agua.

Mientras que los pronósticos meteorológicos, en general son hasta siete días, las previsiones climáticas abarcarán meses o incluso décadas. Se espera que de aquí a dos años existará un marco para garantizar estos servicios de forma coordinada, de modo que todas las partes involucradas, tanto de los países desarrollados como de los países en desarrollo, puedan acceder rápidamente a estas informaciones.

La UNESCO ha organizado dos foros en Ginebra, uno referido al clima y las mujeres, el otro sobre creación de capacidades, la educación y la capacitación. «La creación de capacidades a través de la educación y la ciencia» fue reconocida posteriormente como uno de los elementos claves del Marco Mundial para generar Servicios Climáticos. La Comisión Oceanográfica Intergubernamental (COI) de la UNESCO contribuyó en la preparación de la sesión compilando las necesidades de información de las poblaciones costeras. Los expertos hicieron énfasis en que las observaciones oceánicas eran la columna vertebral de cualquier servicio climático y que la prestación de servicios climáticos era por consiguiente tributaria de la existencia de un Sistema Mundial de Observación del Océano (GOOS, en inglés) que sea integral y perenne. Coordinado por la COI de la UNESCO, GOOS proporciona información y datos al Sistema Mundial de Observación del Clima. La sesión sobre las aguas subterráneas y el clima, organizada en paralelo a esta conferencia por la División de Ciencias del Agua de la UNESCO, resaltó el hecho de que las aguas subterráneas desempeñan un papel principal en la capacidad de la sociedad para adaptarse al cambio futuro, fundamentalmente observando el creciente número de fenómenos meteorológicos extremos tales como inundaciones y sequías.

Sin embargo, las aguas subterráneas no están representadas hoy como deberían en los modelos del clima mundial. Ello se debe en parte a la dificultad para evaluar los recursos subterráneos y a la escasez de los datos, así como el desconocimiento de que éstas forman parte del ciclo hidrológico y por consiguiente del sistema climático mundial. Mientras que la conferencia de Ginebra se concentraba en los servicios climáticos, considerados como una vía para ayudar a los países a adaptarse al cambio climático, las negociaciones sobre el clima que se efectuarán a instancia de las Naciones Unidas en Copenhague, en diciembre, intentarán arrancar un acuerdo entre países desarrollados y países en desarrollo sobre la reducción de las emisiones mundiales de carbono.

En 1979, la primera Conferencia Mundial Sobre el Clima lanzó el Grupo Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC siglas en inglés) y el Programa Mundial de Investigación sobre el Clima. La segunda, en 1993, condujo a la adopción de la Convención-Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y al Sistema Mundial de Observación del Clima.

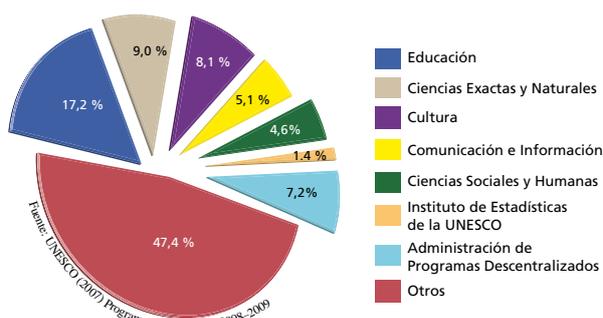
Para más detalles: [www.wmo.int/wcc3/page\\_es.php](http://www.wmo.int/wcc3/page_es.php)

## La OCDE revalúa la ayuda de la UNESCO al desarrollo

**El 18 de junio, Koïchiro Matsuura, Director General de la UNESCO, saludó con satisfacción la decisión tomada por la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE) de llevar su evaluación de la contribución que hace la UNESCO a la ayuda oficial al desarrollo (ODA), de un 25% a un 44% del conjunto de sus actividades. La decisión entrará en vigor a partir del próximo reporte anual sobre las contribuciones a la ODA en 2008.**

El señor Matsuura habría deseado que el Grupo de Trabajo sobre Estadísticas del Consejo de Asistencia al Desarrollo de la OCDE hubiese aceptado su petición de revalorizar el coeficiente «al menos hasta 75%». Lamentó, además, que el Grupo de Trabajo no haya tomado en cuenta en los cálculos todo el conjunto de los trabajos normativos que realiza la UNESCO, así como sus actividades en el campo de la cultura y las ciencias sociales. El Grupo de Trabajo consideraba que la ODA de la UNESCO solo provenía de sus actividades en educación, ciencias exactas y naturales, comunicación e información. Las actividades del programa de la UNESCO representan un poco más de la mitad de su presupuesto ordinario (ver gráfico).

La revisión del status de la UNESCO es un reconocimiento a la importancia de la ayuda al desarrollo a largo plazo, por oposición a la ayuda de emergencia, campo en el cual la UNESCO no puede competir con su modesto presupuesto bienal de 631 millones de dólares estadounidenses. La UNESCO es una de las numerosas agencias internacionales que el Grupo de Trabajo examinó durante su reunión de mayo. Este aceptó reexaminar, en su reunión de junio 2010, el coeficiente de ODA de la UNESCO, como una excepción a la regla que establece que los coeficientes fijados no se cambien durante al menos cinco años. El cálculo de esa tasa es importante, en la medida en que puede tener un impacto sobre las subvenciones que los Estados miembros dedican al desarrollo.



Repartición del presupuesto ordinario de la UNESCO para 2008-2009.

## Fuerte crecimiento de la movilidad de los estudiantes

**En 2007, más de 2,8 millones de estudiantes se inscribieron en establecimientos de enseñanza superior fuera de sus países, lo que supone un aumento de 53% con respecto a 1999, según la última Recopilación de Datos Mundiales Sobre la Educación de la UNESCO. Este informe fue presentado el 6 de julio durante la Conferencia Mundial sobre Educación Superior.**

Los datos sobre la movilidad de los estudiantes, recopilados por el Instituto de Estadísticas de la UNESCO, indican que África Subsahariana presenta la mayor movilidad hacia países extranjeros: 5,8% en 2007, comparado con el promedio mundial de 1,8%. Sin embargo, en términos cuantitativos, es China quien tiene la mayor cantidad de estudiantes viviendo en el extranjero (cerca de 421 100). Es uno de los 10 países que aportan el 38% del total mundial de estudiantes en el exterior. Los otros nueve países de origen son: Alemania, Canadá, República de Corea, Estados Unidos, Francia, la India, Japón, Malasia y la Federación Rusa.

Hoy en día, los estudiantes en el extranjero amplían el rango de sus países de destino. En 1999, un estudiante de cada cuatro escogía a los Estados Unidos, contra uno de cada cinco en 2007. África del Sur, Australia, Canadá, Francia, Italia y Japón no solo siguen siendo destinos muy demandados, sino también experimentan un aumento en su población de estudiantes extranjeros. Entre los principales países que han emergido en calidad de anfitriones se encuentran China, República de Corea y Nueva Zelanda.

Otra tendencia señalada en la *Recopilación*: los estudiantes se quedan cada vez más en sus regiones de origen. En América Latina y el Caribe, por ejemplo, el porcentaje de estudiantes que se quedan en la región pasó de 11% en 1999 a 23% en 2007. En Asia del este y el Pacífico, 42% se quedaron en la región en 2007, contra 36% en 1999. Europa occidental (77%) y América del Norte (39%) muestran poca variación entre 1999 y 2007.

Para elaborar políticas adecuadas, es importante saber qué tipos de formación presentan mayor demanda a nivel mundial. En 2007, aproximadamente un estudiante extranjero de cada cuatro (23%) estaba inscrito en un curso de gestión de empresas. Las ciencias son la segunda disciplina con mayor demanda, atraen un 15% de los estudiantes extranjeros, seguido por la ingeniería, industrias y construcciones (14%) y las letras y las artes (14%). Las grandes tendencias de las preferencias por región sugieren una relación entre la demanda y las necesidades del mercado del trabajo en los países de origen de los estudiantes. Los estudiantes oriundos de la región de América Latina y el Caribe, por ejemplo, prefieren gestión de empresas.

La cifra de mujeres entre los estudiantes extranjeros aumentó más rápido que la de los hombres. Sin embargo, como la mayoría de los países no notifica la movilidad de los estudiantes según su sexo, estas estimaciones solo se basan en un reducido número de países anfitriones. Los datos recogidos sobre la enseñanza superior muestran en general una mejora de la posición de las mujeres, en el plano mundial, aunque los campos de estudios permanecen claramente compartimentados. Ellas, por ejemplo, están subrepresentadas en ciencias e ingeniería.

El informe incluye una información general del financiamiento de la enseñanza superior.

Para más detalles: [www.uis.unesco.org/publications/GED2009](http://www.uis.unesco.org/publications/GED2009)

## Invertir más en la enseñanza superior

**La Conferencia Mundial sobre Educación Superior celebrada en la UNESCO finalizó sus trabajos el 8 de julio con un llamamiento a los gobiernos para que incrementen sus inversiones en la educación superior, promuevan la diversidad y fomenten la cooperación regional.**

El comunicado subraya que «la enseñanza superior debe tratar de alcanzar simultáneamente los objetivos de equidad, pertinencia y calidad», destacando la importancia de los mecanismos para su regulación y asegurar la garantía de su calidad, así como la necesidad de aumentar «el atractivo de las carreras académicas». También señala que las tecnologías de la comunicación y la información deben integrarse plenamente en toda la enseñanza superior, a fin de satisfacer la creciente demanda de los estudiantes y facilitar que los resultados de la investigación científica se puedan compartir.

El comunicado hace hincapié en la necesidad de reforzar la cooperación regional, en lo que concierne a la convalidación de títulos, la garantía de calidad, la gobernanza, la investigación y la innovación. Asimismo, pone de relieve la importancia que reviste el establecimiento de áreas regionales de enseñanza superior e investigación. Haciéndose eco de la atención especial prestada por la Conferencia a la revitalización de la enseñanza superior en África, el comunicado aboga por que se adopten enfoques diferenciados a fin de satisfacer con rapidez la creciente demanda; se preste más atención a áreas de conocimientos técnicos como la agricultura, el medio ambiente y la extracción de recursos naturales; y se movilice la financiación privada. Países como Brasil, China y la República de Corea se han comprometido a contribuir al reforzamiento de la enseñanza superior en África, sentimiento compartido por los asociados del sector privado que participaron en la conferencia.

Llamando la atención sobre «la escasez de docentes» en el mundo, el Comunicado hace un llamamiento a la enseñanza superior para actualizar la formación inicial y permanente de docentes con programas que permitan brindar a los estudiantes los conocimientos y competencias que necesitan en el siglo XXI. La conferencia reunió a más de 1 000 participantes de 150 países. Ministros, rectores de universidades y facultades, estudiantes, altos representantes del sector privado, así como de instituciones regionales y multilaterales, debatieron sobre temas tan variados como el impacto de la globalización en la enseñanza superior, la responsabilidad social, la libertad académica, la investigación y su financiamiento.

Para leer el comunicado: [www.unesco.org/es/wche2009/](http://www.unesco.org/es/wche2009/)

## La UNESCO evalúa los daños causados a Babilonia

**El Informe final de la UNESCO sobre la evaluación de daños en Babilonia se presentó en una rueda de prensa celebrada el 9 de julio en París. Elaborado por el Subcomité sobre Babilonia del Comité Internacional de Coordinación de la UNESCO para la Salvaguarda del Patrimonio Cultural de Iraq, este documento proporciona una evaluación técnica exhaustiva de la situación actual del célebre sitio arqueológico y presenta una lista de recomendaciones.**

El sitio arqueológico de Babilonia fue utilizado como base militar por las fuerzas armadas de la coalición en el período 2003–2004. Un informe del Museo Británico, publicado en 2005, comparó esto con el equivalente a «establecer un campamento militar alrededor de la Gran Pirámide de Egipto o del sitio prehistórico de Stonehenge en Gran Bretaña». El Informe indica que los restos arqueológicos de la ciudad han sufrido graves deterioros debido a «excavaciones, zanjas, desmantelamientos y nivelaciones de terreno». Entre las principales estructuras dañadas están «la Puerta de Ishtar y la Vía Procesional».

Situada a unos 90 kilómetros al sur de Bagdad, la ciudad de Babilonia fue la capital de dos famosos reyes de la Antigüedad: Hamurabi (1792–1750 A.C.), a quien se debe uno de los primeros códigos legislativos de la humanidad, y Nabucodonosor (604–562 A.C.), el monarca que mandó construir los Jardines Colgantes de Babilonia, una de las Siete Maravillas del Mundo. Todavía quedan por descubrir muchos restos de la antigua ciudad.

El Informe recuerda que un ambicioso Proyecto Arqueológico de Restauración de Babilonia fue llevado a cabo entre 1978 y 1987

por el gobierno iraquí, que reconstruyó edificaciones antiguas e implantó instalaciones modernas con gran detrimento de los valores del sitio, obras mayores fueron realizadas para la construcción de un nuevo palacio de Saddam Hussein. Posteriormente, durante la guerra de 2003, la ciudad arqueológica fue saqueada. Se perpetraron robos y destrucciones en las colecciones de los museos dedicados a Hamurabi y Nabucodonosor, así como en la Biblioteca y los Archivos de Babilonia. Por último, después de haber servido de campamento a la Fuerza Multinacional, desde abril de 2003 hasta diciembre de 2004, Babilonia ha sido restituida al Consejo de Antigüedades y Patrimonio iraquí. En el informe de la última misión de inspección, se señala que es estimulante el hecho de que «no se hayan observado indicios de daños intencionales o accidentales en el sitio desde diciembre de 2004. Los problemas más importantes actualmente son los que se derivan de la negligencia y la falta de mantenimiento. Los edificios restaurados de Babilonia se hallan en condiciones muy deficientes, especialmente los Templos de Ninmakh, Nabu-sha-Harre e Ishtar, las Casas Babilónicas y el Palacio de Nabucodonosor emplazado en la parte sur del sitio».

Informe: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001831/183134E.pdf>

## Trece sitios se incorporan al Patrimonio Mundial

**El 28 de junio, el Comité del Patrimonio Mundial agregó dos nuevos sitios naturales y 11 sitios culturales a la Lista del Patrimonio Mundial de la UNESCO, lo cual representa una primicia para Burkina Fasso, Cabo Verde y Kirguizistán. Dado que el Comité suprimió también un sitio, al iniciarse la construcción de un puente de cuatro vías en el corazón del valle alemán de Elbe, en Dresde, la Lista cuenta ahora con 890 sitios.**

Los dos nuevos sitios naturales son: el Mar de Wadden, que comprende el Área Conservada del Mar de Wadden holandés y los Parques Nacionales alemanes del Mar de Wadden y de Baja-Sajonia y Schleswig-Holstein, uno de los últimos vastos ecosistemas intermareales donde los procesos naturales se desarrollan prácticamente sin ser perturbados; el otro sitio es el de las Dolomitas, cadena de montañas en el norte de los Alpes italianos. Este sitio es de gran interés internacional para su geomorfología de los picos, las cimas, las murallas de rocas, los relieves glaciares y los sistemas cársticos. El mismo constituye uno de los mejores ejemplos de preservación de los sistemas de plataformas de carbonatos del Mesozoico que contienen huellas fósiles.

Los 11 nuevos sitios culturales son: la Casa Stoclet (Bélgica); las ruinas de Loropeni en Burkina Fasso; Ciudad de Velha, centro histórico de Ribeira Grande (Cabo Verde), primer puesto colonial europeo en el trópico; el Monte Wutai (China), montaña sagrada del budismo, que contiene 53 monasterios así como el Templo Shuxiang de la Dinastía Ming; el Sistema Hidráulico Histórico de Shutar en Irán (ver foto); la Montaña Sagrada de Sulamain Too (Kirguizistán); la Ciudad Sagrada de Caral-Supe, de 5 000 años (Perú); las Tumbas Reales de la Dinastía Joseón, construidas de 1408 a 1966 (República de Corea); la Torre de Hércules, el faro romano a la entrada del puerto de la Coruña, en el noroeste de España, que data de finales del siglo I A.C.; la Chaux-de-Fonds/ el urbanismo relojero de Le Locle (Suiza) y el Acueducto y el Canal de Pontcysyllte (Reino Unido),



© UNESCO/Yalda Mounery

*Vista general de la represa de Band-e-Mizan, en la ciudad de Shutar, provincia de Khuzistan. El sistema hidráulico histórico de Shutar, en Irán, se remonta a Darío el Grande en el siglo V A.C. Necesitó la construcción de dos canales de derivación sobre el río Karun, como el de Gargar que alimenta aún con agua a Shushtar por una serie de túneles que además suministra agua a los molinos.*

situado en el noroeste del país de Gales, hazaña de la ingeniería civil del siglo XIX. Al mismo tiempo, el Parque Marino del Arrecife de Tubbataha triplicó su superficie, desde que fue aprobada su extensión que comprende al Parque Natural de los Arrecifes de Tubbataha.

Por otra parte, tres sitios fueron inscritos en la Lista del Patrimonio Mundial en Peligro de la UNESCO: el Sistema de Reservas de la Barrera del Arrecife de Belice, por causa de la destrucción de los manglares; el Parque Nacional Los Katios (Colombia), amenazado por la deforestación, y los Monumentos Históricos de Mtskheta (Georgia), por el serio deterioro de las construcciones de piedras y los frescos del sitio. Sin embargo, otro sitio fue retirado de la Lista en Peligro, la Ciudad Amurallada de Bakú, con el Palacio de Shirvanshah y la Torre de la Joven (Azerbaiján).

Para más detalles: <http://whc.unesco.org/en/news/536>;  
Album de fotos: [www.unesco.org/en/whc/photos](http://www.unesco.org/en/whc/photos)

## Notas de cursos en libre acceso

**La UNESCO y el Instituto Internacional de Sismología e Ingeniería de Terremotos (IISEE) en Japón, ponen en la red a partir de ahora, gratuitamente, las notas de los cursos del Instituto.**

Estas notas sobre las conferencias tratan sobre sismología, ingeniería de terremotos y tsunamis. Son impartidas en los cursos internacionales de formación organizados por el IISEE para los investigadores e ingenieros de los países en desarrollo. Estos cursos son financiados por la Agencia Japonesa para la Cooperación Internacional y benefician del apoyo de la UNESCO.

El IISEE ha organizado estos cursos desde su fundación en 1960. Hoy en día, más de 1 300 científicos e ingenieros de cerca de 100 países han pasado por estos cursos. Actualmente las notas de cursos están en inglés, pero el IISEE favorece su traducción a otras lenguas con el fin de ampliar su difusión.

El proyecto de las Notas de los Cursos del IISEE-UNESCO es una salida de la Plataforma Internacional de Reducción de Desastres Sísmicos, lanzada por la UNESCO en junio 2007, en cooperación con el IISEE, el Ministerio Japonés del Territorio, la Infraestructura, los Transportes y el Turismo, así como el Instituto Japonés de Investigaciones sobre la Construcción.

Para consultar las notas de cursos: <http://iisee.kenken.go.jp/lna/>;  
Para más detalles: [b.rouhban@unesco.org](mailto:b.rouhban@unesco.org)

# Beatriz Barbuy

## Vida y muerte de las estrellas



© L'Oréal/Micheline Pelletier

Las vemos centellear en el cielo nocturno, pero ¿Qué sabemos realmente de las estrellas que están sobre nuestras cabezas? Beatriz Barbuy ha estudiado diversas poblaciones estelares de la Vía Láctea con telescopios modernos que nos permiten penetrar más profundamente que nunca en los misterios del Universo. Estos son, por ejemplo, el Telescopio Espacial Hubble y el Muy Gran Telescopio del observatorio austral europeo, en el desierto de Chile. Las estrellas visibles a simple vista se encuentran, en su mayoría, entre 10 y 100 años luz<sup>7</sup> de la Tierra. La estrella más próxima a nosotros, después del Sol, es Alpha Centauri. La vemos tal y como era hace cuatro años ya que se encuentra a 4,3 años luz. Gracias a los telescopios modernos los astrónomos pueden remontarse en el tiempo en *miles de millones* de años; pueden observar galaxias lejanas tales y como eran hace apenas unos miles de millones de años después del Big Bang.

Profesora titular en el Instituto de Astrofísica, Geofísica y Ciencias de la Atmósfera de la Universidad de San Pablo, Brasil, Beatriz Barbuy obtuvo este año uno de los cinco premios L' OREAL-UNESCO por sus trabajos sobre la vida de las estrellas desde el nacimiento del Universo hasta hoy. Ella explica aquí, entre otros secretos, cómo determinar la edad aproximada de una estrella.

*En enero 2002, una estrella proyectó súbitamente una luz al menos 4 000 veces más intensa que antes. Durante varias semanas la estrella roja supergigante V838 Moncerotis fue la estrella más brillante de la Vía Láctea. Su luminosidad disminuyó, pero al atravesar el espacio ilumina progresivamente el polvo que le rodea, formando lo que se llama un «eco luminoso». Una estrella cuyo brillo ocasionalmente se intensifica se llama una nova. Los destellos proyectados por las novae se producen generalmente cuando la gravedad de una enana blanca y densa, atrae suficiente materia de una estrella roja supergigante vecina para provocar una reacción en la superficie de la enana.*



Imagen: Telescopio espacial Hubble

de galaxias y en el interior de las galaxias mismas. La formación de las estrellas se debe fundamentalmente a la contracción de nubes de gas bajo el efecto de la gravedad. Una estrella nace cuando comienza a inflamarse su hidrógeno, luego se transforma en helio por el proceso llamado nucleosíntesis. Al final de ese estadio es lo que se llama una estrella enana, como nuestro Sol.

Las estrellas masivas pasan por varios estadios, queman primero el hidrógeno, luego en ese orden, el helio, el carbono, el neón, el oxígeno y el silicio. A través de todas estas etapas de la nucleosíntesis, están

efectivamente en un estado permanente de fusión nuclear. Esta fusión le suministra a la estrella su combustible para toda su vida y es lo que explica el intenso calor y la luminosidad extrema que proyecta.

Luego de la formación de los elementos del grupo del hierro, el núcleo de la estrella se seguirá contrayendo durante unos millones de años hasta convertirse ya sea en una estrella compacta de neutrones o en un hueco negro, según la masa de la estrella. El resto de la estrella será expulsado bajo forma de una explosión de supernova. Después de la explosión, sólo quedará la estrella de neutrones o el hueco negro. Las estrellas de neutrones

### ¿Qué sabemos de la formación de las galaxias?

El Big Bang se produjo hace 13,7 mil millones de años. Tres minutos más tarde se formaron el hidrógeno y el helio, y 400 000 años después, los núcleos de hidrógeno y helio se recombinaron con sus electrones, dando átomos neutros. Es a partir de ese momento que las estructuras del Universo comenzaron a converger localmente bajo el efecto de la gravedad, cuando incluso el Universo continuaba su expansión. Parece ser que las estrellas masivas fueron los primeros objetos en formarse. Entre estas, la más lejana, que explotó hace 13 mil millones de años, fue detectada recientemente por el satélite Swift. Seguidamente se formaron pequeñas galaxias y comenzaron a agruparse para constituir galaxias mayores.

Hoy en día podemos crear modelos informáticos que muestran como se formaron las galaxias espirales y elípticas. La observación de las estrellas dentro de las galaxias nos brinda información acerca de la formación de las galaxias.

### ¿Cómo nace una estrella y por qué muere?

A pesar de la continua expansión del Universo pueden continuar formándose estrellas, ya que la gravedad es la fuerza dominante en el interior de las aglomeraciones o conjuntos locales

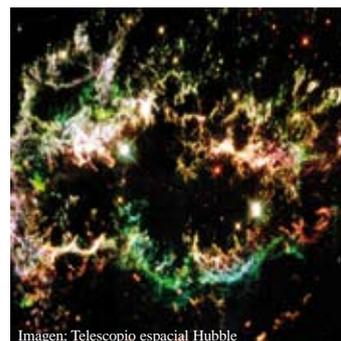


Imagen: Telescopio espacial Hubble

*Casiopea A es una supernova vestigio de una estrella masiva que explotó. Se encuentra a 10 000 años luz de la Tierra y su diámetro es de 13 años luz. El núcleo compacto de una estrella que ha explotado se llama estrella de neutrones. No hay aquí ninguna estrella de neutrones visible, pero sucede a veces que un pulsar delata su presencia. Los pulsares son estrellas de neutrones que rotan y que emiten un potente haz de radiación electromagnética.*

son difíciles de ver. Son muy calientes y son los objetos más densos que conozcamos. ¡Su diámetro apenas sobrepasa los 16 Km y sin embargo tienen una masa superior a la de nuestro Sol!

Las estrellas de pequeña masa, como nuestro Sol, no pasan por la mayoría de estos estadios y tampoco explotan. De hecho, nacen cuando el hidrógeno comienza a quemarse en su núcleo. Luego comienza a quemar el helio, principalmente en la capa que rodea al núcleo. Las estrellas de pequeña masa pasan por una etapa de nebulosa planetaria, expulsando capas de gas que son iluminadas por la estrella misma, antes de terminar como enanas blancas.

Al igual que las enanas blancas, las estrellas de neutrones subsistirán como vestigios compactos de sus estrellas, en principio para siempre.

### En nuestra galaxia espiral, ¿dónde se sitúa el Sol y de qué está hecho?

El Sol está aproximadamente a 25 000 años luz del centro de la Vía Láctea. Se sitúa en uno de los brazos externos, el de Orión.

El Sol está hecho únicamente de gas. Su centro está compuesto por un núcleo central, rodeado por varias capas de gas. Su capa exterior constituye la atmósfera solar que podemos observar. En términos de su masa, la atmósfera del Sol está compuesta por alrededor de un 70% de hidrógeno, 28% de helio y 2% de diversos metales. El oxígeno es el elemento más abundante después del hidrógeno y el helio: 0,06% de la atmósfera solar. En su centro, ahí donde se efectúa la fusión nuclear, la composición del Sol es muy diferente. Aquí, el hidrógeno se convierte progresivamente en helio.

### ¿Cuándo morirá el Sol?

El Sol es una estrella relativamente joven, más o menos de la misma edad que la Tierra, 4,5 mil millones de años. Desde su nacimiento es una estrella enana, y así debe permanecer todavía por unos 4,5 a 5 mil millones de años. Pero cada vez se calienta más. El núcleo central ya se ha transformado en helio y este continuará creciendo en tamaño durante los próximos 5 mil millones de años más. Cuando alrededor del 10% del centro del Sol se haya transformado en helio, el Sol se dilatará hasta convertirse en un gigante rojo, que terminará

convirtiéndose en una enana blanca y perderá progresivamente su brillo. Siendo ya una enana blanca, se demorará al menos 70 mil millones de años en enfriarse antes de convertirse en un cristal (estrella diamante) conservando muy poca energía.

### ¿Con el envejecimiento del Sol, que será de la Tierra?

En unos 500 millones de años, la Tierra será demasiado caliente para la vida humana y toda el agua de superficie se habrá evaporado. ¡Ese es el tiempo que nos queda para mudarnos hacia otro planeta! En aproximadamente 5 mil millones de años, cuando el Sol se convierta en un gigante rojo, su radio comenzará a expandirse y se tragará a la Tierra.

### ¿Cómo sabemos la edad del Sol?

La edad del Sol fue calculada con la ayuda de los elementos radioactivos encontrados en los meteoritos que han colisionado contra la Tierra. Los astrónomos miden las cantidades de ciertos elementos como el uranio, con respecto al producto de su desintegración. En el caso del uranio, es el plomo el producto de su desintegración. También utilizan otros elementos como el samario, el rubidio, el renio y el osmio.

Estos meteoritos provienen de regiones del Sistema Solar donde la materia no logró crear un planeta a partir de los desechos que se encuentran en el espacio. Al chocar entre ellos, estos desechos forman un meteorito. Una vez que penetra en la atmósfera terrestre se le llama meteorito.



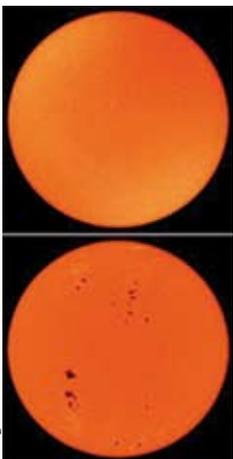
*La nebulosa del Ojo de Gato surgió cuando una estrella moribunda proyectó hacia el espacio sus capas periféricas de gas. Esta nebulosa planetaria será visible hasta que estos gases se disipen en el espacio durante los próximos 10 000 años. Ella se encuentra en la constelación del Dragón (Draco), a 3 000 años luz de la Tierra. Su diámetro es de 1,2 años luz.*

Imagen: Telescopio Espacial Hubble

### ¿Cómo determinar la edad de una estrella?

El primer indicador aproximado de la edad de una estrella es su metalicidad. La cantidad de metales que contiene revela si ésta se formó de gas previamente enriquecido por muchas generaciones de estrellas o bien si, tal y como en el caso de las estrellas más viejas, pobres en metales, por un muy pequeño número de estrellas.

En astronomía, el término «metal» se refiere a todo elemento más pesado que el hidrógeno o el helio, pero con mayor frecuencia especialmente al hierro o al oxígeno. El hidrógeno y el helio son los dos únicos elementos que se produjeron en abundancia durante el Big Bang. Todos los elementos más pesados (los metales) fueron producidos luego por fusiones nucleares en los núcleos de las estrellas. A cada nueva generación de estrellas corresponde un aumento de la metalicidad de los gases que darán lugar al nacimiento de nuevas estrellas.



*Foto tomada el 27 de septiembre 2008 (arriba) de un Sol sin manchas solares y (abajo) del Sol fotografiado ese mismo día de 2001, impregnado de manchas gigantes y erupciones solares. Las manchas solares son regiones más frías de la superficie del Sol que pueden influir sobre las condiciones del tiempo en el espacio. El habitual ciclo de 11 años de actividad de las manchas solares se interrumpió entre 1645 y 1715, período llamado Mínimo de Maunder. Durante este período, no fue visible casi ninguna mancha en la superficie del Sol, y la temperatura media mundial en la Tierra descendió. Los astrónomos dicen que 2008 fue el año con menos actividad y manchas solares desde hacía 50 años. Sin embargo en ese mismo año volvieron a aparecer.*

Imagen: NASA



Cúmulo de jóvenes estrellas llamado NGC 346 en la galaxia de la Pequeña Nube de Magallanes.

**¿No fue usted la primera en demostrar que las estrellas pobres en metales del halo galáctico –el borde externo de una galaxia– se formaron en las primeras etapas?**

No fui yo quien descubrió el fenómeno, pero fui probablemente la primera en demostrar con claridad una de sus consecuencias, como la superabundancia de oxígeno en las estrellas del halo galáctico, «las estrellas del halo». Sabemos que las estrellas pobres en metal del halo galáctico poseen una superabundancia de oxígeno con respecto al hierro. Debo precisar aquí que, cuando hablamos de una superabundancia o de un exceso de oxígeno o de cualquier otro elemento, generalmente tomamos como base de referencia al Sol.

¿Que nos enseña esta superabundancia? Muchas cosas, ya que la cantidad de oxígeno con respecto al hierro es el segundo índice aproximado para calcular la edad de una estrella. La composición de las estrellas masivas<sup>8</sup> es pobre en hierro y abundante en oxígeno. Cuando las estrellas masivas explotan como supernovas, estas expulsan sus metales, principalmente el oxígeno, el magnesio, el silicio, el calcio y el titanio. El hierro aparece más tarde, en las estrellas con menor masa. Es por ello que las estrellas ricas en oxígeno, nacidas después de las primeras estrellas masivas, presentan un nivel elevado de oxígeno con respecto al hierro, lo cual indica que son viejas. Este es el caso de todas las estrellas del halo galáctico. Por lo tanto, estas deben haberse formado en los primeros tiempos, a partir del gas enriquecido por la explosión de estrellas masivas.

Sin embargo, en el centro de las galaxias, algunas estrellas son viejas porque, en ese centro, varias generaciones de estrellas pueden sucederse más rápidamente que en otras regiones por causa de la existencia de grandes cantidades de gases.



Imagen: European Southern Observatory

La Pequeña y la Gran Nube de Magallanes son galaxias enanas, entre las vecinas más próximas de la Vía Láctea. Separadas por unos 75 000 años luz, son visibles a simple vista en el hemisferio sur. El astrónomo persa Al Soufi llamaba a esta Gran Nube de Magallanes «el Buey blanco» en su Libro de las Estrellas Fijas (964 D.C.).

Existen otros medios más precisos para determinar la edad de las estrellas. Mediante la espectroscopia, se pueden medir los elementos radioactivos como el torio o el uranio. Al medir la abundancia actual y la abundancia probable en el momento en que las estrellas se formaron, podemos inferir qué cantidad de este elemento disminuyó por causa de la radioactividad, y a partir de ahí calcular la edad de la estrella. Hasta ahora, el uranio solo ha sido utilizado para tres viejas estrellas, debido a las dificultades para detectar las líneas de su espectro de emisión. Sus líneas son apenas visibles y solo puede ser detectada en las estrellas que tienen un exceso de elementos pesados.

El mejor método y el más común consiste en observar la luminosidad de las estrellas que pertenecen a un cúmulo dado. A cada estrella se le miden dos colores, por ejemplo luz visible e infrarrojo<sup>9</sup>. En la primera observación, el filtro solo deja pasar la luz visible y en la segunda, la luz infrarroja. La diferencia de luminosidad se marca en un diagrama. Luego en este diagrama es comparado con cálculos detallados sobre la localización de estrellas que tienen masas ligeramente diferentes. De esta forma podemos evaluar la edad de un cúmulo de estrellas según la distribución de la luminosidad de las estrellas que lo componen.

**¿Por qué las estrellas muy viejas forman un cúmulo?**

Todas las estrellas nacen en nubes de gas. Dentro de esas nubes se forman progresivamente cúmulos de estrellas. Pueden reunir algunas estrellas si la nube es pequeña, o formar cúmulos llamados globulares en el caso de nubes del tamaño de 1 millón de masas solares aproximadamente. Estas nubes ricas en gas están presentes cuando las galaxias son jóvenes, pero a medida que se forman más y más estrellas, va quedando cada vez menos gas.

En nuestra propia galaxia, ya no quedan nubes de gas de 1 millón de masas solares. Lo cual significa que los viejos cúmulos globulares que observamos en nuestra galaxia se formaron hace mucho tiempo, cuando la Vía Láctea era rica en gas y comenzaba a dar nacimiento a estrellas.

Sin embargo, galaxias enanas irregulares, como las Nubes de Magallanes, que son satélites de nuestra propia galaxia, comenzaron a formar estrellas mucho después que la Vía Láctea, porque el gas no era lo suficientemente denso; por esa razón queda aún mucho gas en estas galaxias. Las Nubes de Magallanes están creando numerosos cúmulos globulares de estrellas jóvenes.

Entrevista realizada por Susan Schneegans

Para ver más de estas fotos y otras: [www.hubblesite.org/gallery](http://www.hubblesite.org/gallery)

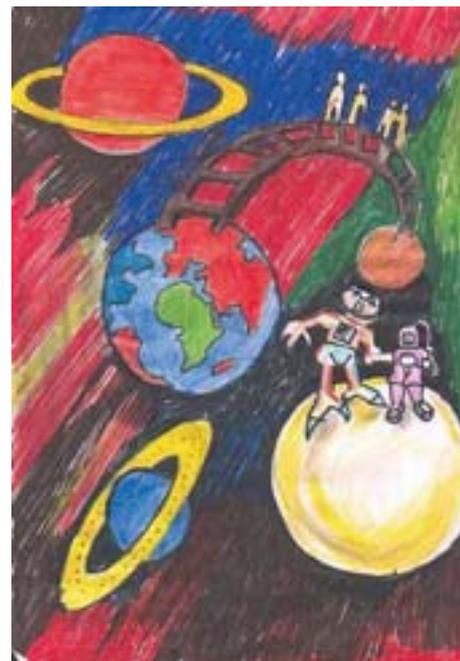
- Un año luz = 9,46 mil millones de mil millones de Km, distancia recorrida por la luz en un año. La distancia que nos separa de los límites de nuestro Sistema Solar es de aproximadamente 1,6 años luz.
- Una estrella masiva tiene una masa de alrededor 10 veces superior a la masa del Sol, frecuentemente entre 10 y 60 veces. Aquí también el Sol sirve como referencia; utilizamos la unidad: 1 masa solar = la masa del Sol. Nuestro Sol tiene aproximadamente 109 veces el diámetro de la Tierra y 330 000 veces su masa.
- La amplitud de onda de la luz infrarroja es mayor que la de la luz visible. Mientras más fría sea la estrella, más brillante se verá en el infrarrojo.

# ¡Cautivarlos bien jóvenes !

«¿Es cierto que uno se vuelve estéril después de un viaje al espacio?» preguntó un adolescente. El antiguo astronauta Jean Jacques Favier lo tranquilizó sonriendo: «la ausencia de gravedad no tiene ningún efecto sobre las hormonas de una persona ni sobre sus órganos de reproducción». Otras manos se levantaron: «¿cómo dormir o tomar un baño en una nave espacial?» preguntó una niña. «¿Qué se siente cuando uno atraviesa rápidamente tantos husos horarios?»

Talleres similares a este que se organizó en Tanzania en 2008 son el principal elemento del Programa de Educación Espacial de la UNESCO. Jean Jacques Favier, del Centro Nacional Francés de Estudios Espaciales, pertenece a un equipo de expertos que dedican parte de su tiempo a dar conferencias a los estudiantes de nivel medio y a sus profesores, sobre temas como la exploración espacial, la astronomía, la tecnología de los cohetes, y la teledetección. Preocupado al ver la disminución del interés de los jóvenes por las carreras científicas, se esfuerza en motivar a este público joven compartiendo con ellos su experiencia como astronauta.

«Mi dibujo representa a unos amigos que van de vacaciones de planeta en planeta». Fue así cómo Dilan Thakrar, niño keniano de 7 años, describe su trabajo para el concurso de dibujos reservado a niños de entre 6 y 10 años sobre *La vida en el espacio*. El concurso fue organizado por la UNESCO, el Centro Espacial de Noruega y EURISY. Este fue uno de los dibujos premiados, que aparecieron en un calendario especial de la UNESCO en 2005.



«Nunca dejo de recordarle a los alumnos que sus sueños siempre pueden realizarse, a condición de que sean decididos y tenaces», dijo Favier. «Si un(a) alumno(a) desea convertirse en astronauta, el o ella debe prepararse para cursar estudios superiores y, una vez elegido(a) para el programa de astronauta, debe tener mucha paciencia ya que la espera entre la selección y la designación para su primera misión puede llegar a tomar entre 8 y 10 años».

«Los criterios de selección sin embargo, se han flexibilizado» añadió, «y no se limitan sólo a los pilotos». El mismo, ingeniero y físico, fue el primer científico francés que viajó al espacio. Recuerda como en su primera misión, en 1996, «la tripulación incluía un médico y un veterinario que, como yo, realizaban sus experimentos. Aún cuando la mayor parte de los alumnos no tendrán nunca la ocasión de viajar al espacio», concluyó, «ellos deberían recordar que la ciencia les brinda un considerable número de carreras apasionantes».



© UNESCO/Yolanda Berenguer

Alumnos colombianos construyen cohetes de botellas plásticas, durante un taller de la UNESCO en 2005. El agua, al ser totalmente inofensiva, sirve de «combustible de lanzamiento». Después los alumnos lanzarán sus cohetes en un terreno descubierto cercano, utilizando bombas de aire.

## El espacio forma parte de nuestra vida cotidiana

Aún cuando en un principio, el espacio ultra-terrestre fue explorado con fines militares, esencialmente por los Estados Unidos y la ex Unión Soviética, actualmente es el campo de las agencias espaciales nacionales y sociedades privadas que trabajan en aras del desarrollo socioeconómico y tecnológico. Los satélites de navegación y comunicación han revolucionado nuestro modo de vida. Los viajes tripulados hacia la Luna y las misiones exploratorias con robots y sondas espaciales automáticas han permitido avanzar en los conocimientos sobre nuestro Sistema Solar; los instrumentos perfeccionados como el Telescopio Espacial Hubble<sup>10</sup>, nos ayudan a conocer el Universo muy lejano.

Lo que muchas personas ignoran es que una buena parte de la tecnología concebida para esas misiones encuentra hoy sus aplicaciones en la vida cotidiana. La telefonía inalámbrica, las transmisiones por satélites e incluso objetos tan ordinarios como los pañales desechables, los hornos de microondas, las ropas ultra ligeras y los cierres de velcro, son todos resultados de misiones o investigaciones espaciales pasadas.

Hemos llegado a un punto de no retorno. No podemos ignorar los descubrimientos de 50 años de la Era Espacial ni dar la espalda a la utilización y exploración futura del espacio. La pregunta es entonces: ¿estamos haciendo lo necesario para que los científicos de hoy tengan sucesores cuando se jubilen?

La UNESCO contribuye en la preparación de la próxima generación de científicos del espacio. Desde 2002, su programa de educación espacial estimula el aprendizaje de estos conocimientos en las escuelas y universidades, sobre todo en los países en vías de desarrollo. Este igualmente exhorta a los países a incorporar estas disciplinas en sus planes de estudio. El programa comprende tres disciplinas fundamentales: ciencia espacial; ingeniería espacial y aeronáutica, y aplicaciones de las tecnologías espaciales.

Aunque hasta ahora casi todos los talleres se han destinado a los estudiantes de secundaria, la capacitación de maestros también es importante. En el marco del actual Año Internacional de la Astronomía, la UNESCO y la Unión Astronómica Internacional han organizado dos talleres pilotos de capacitación en astronomía para docentes de Ecuador y Perú. Estos talleres introducen una nueva metodología de la enseñanza de esta disciplina en las aulas.

### El programa de todo un día

Desde 2004, la UNESCO ha organizado talleres sobre el Espacio para escuelas de Colombia, Ecuador, Nigeria, Perú, Filipinas, Vietnam y Tanzania. Otros están previstos para Siria en diciembre y para otros países árabes el próximo año. Las Oficinas Regionales de la UNESCO desempeñan un importante papel en la preparación de estos talleres.

Después de una animada exposición sobre la exploración humana del espacio que dió inicio al taller, los alumnos quedan encantados con una conferencia sobre los fundamentos de la astronomía. Aprenden que es una de las más antiguas ciencias del mundo que toma de aquí y de allá, de las matemáticas y de la física. Cuando los expertos del Planetarium Armagh del Reino Unido o del Planetario de Bogotá, en Colombia, imparten conferencias sobre la exploración de la Luna y de Marte, los alumnos ven entrar en escena otras disciplinas científicas como la biología, la química y la geología.

Seguidamente son iniciados en la tecnología de los cohetes. El taller les introduce en las bases de la aerodinámica, de la mecánica estructural y la propulsión y revisa la tercera ley de Newton (acción-reacción) y la ley de conservación del momento. Aprenden a construir un cohete de agua. El método de aplicar inmediatamente la teoría a la práctica resulta muy eficaz ya que la información es asimilada rápidamente.

Esta actividad se efectúa en cooperación con el Centro de Educación Espacial de la Agencia Japonesa de Exploración Aeroespacial (JAXA), que organiza numerosas actividades empleando los cohetes de agua, sobre todo para los alumnos de primaria y de secundaria de la región Asia y Pacífico. Sus expertos confiesan su sorpresa ante la rápida comprensión y concentración de los alumnos durante los trabajos prácticos, que estimulan además su espíritu de equipo.

Las bases de la teledetección son expuestas seguidamente en estos talleres. Se trata de obtener información sobre un objeto o fenómeno lejano sin contacto físico con él. Una vez que los satélites han tomado

imágenes de la Tierra, estos datos en brutos deberán ser previamente procesados para poder ser usados en los estudios de diferentes terrenos y zonas de falla, vigilar los volcanes, evaluar las cuencas hidráulicas o cuantificar los recursos subterráneos de agua. Alumnos y maestros descubren entonces cómo las imágenes satelitales también pueden servir para realizar el mapa de una ciudad o de un país, con calles, carreteras, ríos y lagos. Después de la conferencia, los profesores reciben un módulo didáctico que utiliza el software Spring de tratamiento de imágenes desarrollado por el Instituto Nacional Brasileño de Investigaciones Espaciales<sup>11</sup>.

El taller finaliza con un concurso de lanzamiento de cohetes de agua, seguido de una sesión de observación del cielo nocturno, en la medida en que el estado del tiempo lo permita. Esta sesión de observación de estrellas utiliza los telescopios donados por la UNESCO a las escuelas participantes, en cooperación con el Programa Permiso para Soñar de la National Space Society y con Meade Instruments. Las escuelas son invitadas a utilizar sus telescopios para cursos itinerantes de astronomía, sobre todo en zonas rurales. Gracias a un acuerdo de cooperación, la UNESCO recibirá, antes de fin de año, telescopios donados por Explore Scientific. Otros telescopios, a bajos precios y fáciles de montar, se pueden obtener en el marco del proyecto insignia Galileoscopia del Año Internacional de la Astronomía<sup>12</sup>. Por otra parte, Japón distribuye telescopios «Tu eres Galileo» a escolares de los países asiáticos.

Los talleres de educación espacial se organizan en varias ciudades de un mismo país con el fin de alcanzar al mayor número de maestros y alumnos. Al final del último taller, los organizadores nacionales conciben con la UNESCO y el equipo de expertos un proyecto piloto nacional de educación espacial. Este servirá de base para la implementación de la educación espacial en el país.

### Dando un paso adelante

Muchos países se han preparado para integrar la ciencia y la tecnología espacial en los programas escolares. Examinaremos aquí las estrategias de tres de ellos: Ecuador, Nigeria y Filipinas.

El **Ecuador** asume la secretaría Pro Tempore de la Quinta Conferencia del Espacio para las Américas (2006–2009). Este órgano que emana del Comité de las Naciones Unidas para la utilización del espacio extra-terrestre, en cooperación con las agencias espaciales, tiene como misión desarrollar y coordinar las actividades de la región en su conjunto en materia de ciencia y tecnología espacial en todo lo relacionado con la gestión de las catástrofes, la educación, la salud y el monitoreo ambiental.



### La Semana Mundial del Espacio

La Semana Mundial del Espacio tiene lugar todos los años del 4 al 10 de octubre. Su objetivo es sensibilizar a los decisores y al gran público acerca de las ventajas del uso pacífico de la ciencia y de la tecnología espaciales en interés del desarrollo sostenible.

Fue declarada oficialmente para su conmemoración anual en 1999, por la Asamblea General de la ONU. Esta comienza y termina en las fechas del aniversario del lanzamiento del primer satélite artificial, *Sputnik 1*, el 4 de octubre 1957, y de la firma del Tratado sobre el Espacio Extra-terrestre, el 10 de octubre 1967.

*Para más detalles: [www.worldspaceweek.org/](http://www.worldspaceweek.org/)*

*Niños vietnamitas descubren el nuevo telescopio de su escuela, donado por la UNESCO en marzo 2006.*

**Países con una  
 agencia espacial  
 gubernamental\***

- AFRICA DEL SUR
- ARGELIA
- ALEMANIA
- ARABIA SAUDITA
- ARGENTINA
- AUSTRALIA
- AUSTRIA
- AZERBAIJAN
- BANGLADESH
- BELGICA
- BRASIL
- BULGARIA
- CANADA
- CHILE
- CHINA
- COLOMBIA
- DINAMARCA
- EGIPTO
- ESTADOS UNIDOS
- ESPAÑA
- FINLANDIA
- FRANCIA
- GRECIA
- HUNGRÍA
- INDIA
- INDONESIA
- IRAN
- ISRAEL
- ITALIA
- JAPON
- KAZAKHSTAN
- MALASIA
- MARRUECOS
- MONGOLIA
- NIGERIA
- NORUEGA
- UZBEKISTAN
- PAKISTAN
- PAISES BAJOS
- PERU
- POLONIA
- PORTUGAL
- RDP DE COREA
- REP. DE COREA
- REPUBLICA CHECA
- RUMANIA
- REINO UNIDO
- RUSIA
- SUECIA
- SUIZA
- SIRIA
- THAILANDIA
- TUNEZ
- TURQUIA
- UCRANIA
- URUGUAY
- VENEZUELA
- VIETNAM

\*O bien una comisión espacial, una oficina espacial, un instituto o una organización de investigaciones espaciales, un instituto de ciencia y tecnología del espacio o un centro de teledetección. México espera concretar este año la creación de una agencia espacial nacional. Ecuador posee una agencia espacial civil.

Desde 2007, Ecuador organiza con la UNESCO talleres nacionales y regionales con el fin de sensibilizar a los alumnos y docentes en cuanto a la importancia y utilidad de las ciencias espaciales. Estos talleres complementan los esfuerzos desplegados por el Ministerio de Educación para insistir en la necesidad de estudiar las ciencias naturales y las ciencias sociales en el nivel secundario para preparar bien a los jóvenes en la continuidad de sus estudios superiores. Actualmente, el Ministerio de Educación revisa los



© UN Affiliated Centre for Space, S & T, Education in Africa

*Alumnos nigerianos aprenden a reconocer las diferentes partes de un lanzador, durante un taller organizado por el Centro de África afiliado a las Naciones Unidas.*

programas escolares en el marco de un *Plan Decenal de Educación* (2006–2015). La ciencia espacial forma parte de las disciplinas descritas en el Plan.

**Nigeria** es el tercer país africano después de Sudáfrica y Argelia que está presente en el espacio. En 2003, fue lanzado NigeriaSat.1, con la ayuda de Rusia, en el marco de la Constelación para Monitoreo de las Catástrofes. En 2007, el NigComSat-1, en cooperación con China, en aras de desarrollar las telecomunicaciones en África.

Al mismo tiempo, el Gobierno toma medidas para fortalecer las capacidades en ciencia y tecnología espaciales. Nigeria es la sede del Centro de Enseñanza de la Ciencia y la Tecnología Espaciales en África, afiliado a las Naciones Unidas, que ofrece cursos de postgrado. Igualmente, organiza talleres para las escuelas primarias y secundarias dos veces al año. De esta manera, los alumnos pueden asistir o participar en experiencias, ver maquetas de cohetes espaciales, de plataformas de lanzamiento y de satélites y ver películas sobre el Sistema Solar y otros temas.

El Centro comenzó a introducir la ciencia espacial en los programas escolares del país, en cooperación con la UNESCO. En mayo 2007, docentes y responsables de programas de todo el país participaron en un taller nacional sobre el tema: Apoyar el futuro del Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología Espaciales en Nigeria: Necesidad de Educación Espacial en la Escuela. El contenido de los programas está a prueba este año antes de ser presentado al Ministerio de Educación para una fase piloto de implementación.

Bajo la dirección del Instituto de Enseñanza de las Ciencias del Departamento de Ciencia y Tecnología, **Filipinas** creó, en 2005, un Comité Consultivo Nacional sobre el Programa de Educación Espacial (NACPSEP). Desde entonces, varios talleres y campañas de sensibilización han sido organizados todos los años en diversas regiones del país.

En 2007, se celebró un taller para la planificación de tres estrategias complementarias: concepción de un plan de estudio nacional de educación espacial acompañado de recursos pedagógicos que respondan a las normas internacionales; preparación de un programa de sensibilización para promover la ciencia y la tecnología espacial acompañado de una mayor difusión pública de las informaciones sobre los beneficios del espacio; diseño de actividades a corto y largo plazo para la Semana Mundial del Espacio. Las Actas de este taller proporcionan al NACPSEP las líneas directrices para la concepción y la puesta en marcha de un programa nacional de educación espacial. A su vez, la Universidad Técnica Rizal de Manila ha creado este año un Máster de Astronomía, el primero en el país.

**Prepararse para el mundo del mañana**

Al constatar el entusiasmo despertado por estos talleres después de cinco años, es evidente que el espacio fascina a los jóvenes y a los menos jóvenes. Los conocimientos sobre el espacio desarrollan el pensamiento crítico y las capacidades de decisión y de resolución común de problemas complejos, componentes todos de una educación de calidad. Al servirse del espacio como una puerta de entrada, el programa de educación espacial de la UNESCO añade una apasionada dimensión a la enseñanza de las ciencias.

A largo plazo, la ciencia y la tecnología espacial nos ayudan a comprender nuestro lugar en el Universo y cómo funciona nuestro planeta. Ellas suministrarán información sobre el cambio climático, el deterioro del medio ambiente o la deforestación, a niveles tanto locales como mundiales. Al ofrecer a los jóvenes las habilidades y los conocimientos que proporciona la educación espacial, lograremos que sean capaces de afrontar los retos del mundo del mañana.

Yolanda Berenguer<sup>13</sup>

Para más detalles: [www.unesco.org/en/earth/space-education](http://www.unesco.org/en/earth/space-education)

10. Que será reemplazado en 2013 por el telescopio espacial James Webb
11. Usted puede igualmente descargar este módulo en el sitio web del Comité sobre los Satélites de Observación de la Tierra (CEOS). La UNESCO presidió, entre 2005 y 2007, el Grupo de Trabajo del CEOS sobre la educación: [www.ceos.org](http://www.ceos.org)
12. Para más detalles: <https://www.galileoscope.org/gs>
13. Coordinadora del Programa de Educación Espacial. Punto Focal de la UNESCO para el Año Internac. de la Astronomía: [y.berenguer@unesco.org](mailto:y.berenguer@unesco.org)

# Retroceder un paso

La Reserva de Biosfera de Malindi Watamu, en Kenia, y la de Braunton Burrows–Norte Devon, en Reino Unido, tienen muchos puntos en común. A pesar de estar separadas por miles de kilómetros y presentar climas diferentes, ambas comparten los mismos problemas. Aunque una posee una costa pródiga en arrecifes coralinos, playas de arena y manglares y la otra, pantanos, dunas y playas apreciadas para el surf, las dos se encuentran en primera línea en la lucha contra los elementos. La elevación del nivel del mar y la erosión corroen el precioso litoral amenazando la economía y los medios de subsistencia de sus pobladores. Los hábitat de la vida silvestre y las playas –un tesoro para el turismo– están amenazados no sólo por estos fenómenos naturales sino también por una explotación no sostenible. El pasado año, las comunidades de Malindi Watamu y del Norte Devon decidieron conducir un experimento. Al hermanar sus reservas, cada una espera aprender de la otra cómo adaptarse mejor a su mundo cambiante.

La elevación del nivel del mar aumenta en todo el mundo, fenómeno que será imposible detener. Ahora bien, en el Norte Devon, es justo lo que algunos de sus habitantes esperan aún poder lograr.

Las investigaciones efectuadas en el Reino Unido revelan el riesgo de perder un 20% de importantes hábitat intermareales en los próximos veinte años como consecuencia de la elevación del nivel del mar. Se deberá restituir estas marismas salobres ya que ellas defienden eficazmente las tierras de la inundación. Si tenemos una marisma salobre delante de un dique, este no tendrá que ser ni tan grande ni tan resistente, ya que la marisma absorbe la energía de las olas y de las mareas antes de que las mismas impacten las defensas del dique.

En el Norte Devon, el equipo de la Reserva de Biosfera, junto con los académicos John Pethnick y Julian Oxford, estudiaron cuáles serían específicamente las modificaciones que sufriría el estuario y el cercano litoral durante los próximos cien años. En aras de aprovechar la sabiduría local y a su vez los conocimientos

científicos, los residentes locales fueron comprometidos en este estudio. Los resultados obtenidos fueron alarmantes: cuestionaron las viejas teorías que explicaban cómo se formó la línea de la costa, las causas de los problemas existentes y la forma de resolverlos. El estudio concluyó en que la morfología del litoral sufriría probablemente una modificación radical.

Para arribar a estos nuevos modelos conceptuales, que necesitarán más verificación, los científicos prepararon una base de datos sobre la forma actual del estuario y de la línea de costa usando un LIDAR (teledetección por láser aeroportado), acoplado a estudios batimétricos para desarrollar un modelo digital único de la elevación de la cuenca del estuario en 3D. Pethnick decidió concebir su modelo tomando en cuenta el cambio previsto del volumen de agua que penetra en el estuario a consecuencia de la elevación progresiva del nivel del mar, lo cual se considera como el principal factor de modificación de la geomorfología del estuario. Asimismo, también el modelo de Pethnick toma en cuenta el los resultados de los modelos usados por el Panel Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático y por la Oficina Meteorológica del Reino Unido que sugieren que en un futuro, las precipitaciones invernales podrían aumentar, lo que incrementaría el caudal de los ríos. Esta proyección para los próximos cien años nos sugiere que ya es hora de retroceder un paso y dejar que los procesos naturales sigan su curso en la costa del Norte Devon.



*En el Devon, Clovelly, pueblo típico de pescadores, colgado de laderas que erosionan. De los 150 000 habitantes de la Reserva de Biosfera, 60 000 viven a menos de 1 km de la costa y del estuario.*



*La playa de Instow, donde confluyen los ríos Taw y Torridge en un sistema de estuario antes del mar. El litoral de la Reserva de Biosfera forma una vasta bahía donde se sitúa este estuario flanqueado por dos grandes lenguas de tierra. Una es el sistema de dunas de 1 300 ha de Braunton Burrows, la otra es Northam Burrows (250 ha), constituida de una menor acumulación arena y de vastas zonas de pantanos bajos, protegidos por la cresta de guijarros.*

## Inundar tierras agrícolas

Al igual que en muchos otros estuarios, la periferia del Taw–Torrige del Norte Devon está habitada y explotada como tierras agrícolas, al abrigo de sus defensas contra la inundación. Frente a estos terraplenes contra las inundaciones se extienden importantes hábitats de pantanos salobres y marismas. Es un caso clásico de «estrangulamiento de costas», donde la elevación del nivel del mar reduce la extensión de la zona intermareal al frente de sus defensas. Ahora bien, estas costas proporcionan bienes y servicios: peces y disipación de la energía de las olas. Su desaparición desatará una reacción en cadena, en el plano financiero y amenazará a los derechos de las propiedades.

El equipo de la Reserva de Biosfera comenzó a reconstruir algunos pantanos salobres. Para ello, fue necesario inundar de nuevo algunas tierras agrícolas ribereñas, operación que no suscitó controversia alguna. Sin embargo, la recomendación de devolverle al mar la boca del estuario provocó la cólera de la comunidad.

## Abandonar la cresta de piedras guijarros

La orilla sur del estuario está protegida por una enorme cresta gris de guijarros. En los últimos años, durante las tormentas de marea alta, las olas desplazaron rápidamente las piedras por diferentes lugares y abrieron una brecha en la cresta. Igualmente, comenzaron a socavar las dunas situadas detrás de la playa.

Antiguamente, la municipalidad reparaba la cresta amontonando los guijarros en las brechas con ayuda de material pesado. Pero en estos últimos años, esta costosa y destructiva política fue abandonada y se permitió al mar inundar las tierras interiores llamadas Northam Burrows. El consejero local Andrew Eastman piensa que es un error, al igual que numerosos habitantes descontentos. «Debemos reconstruir



Imagen tomada del filme: Mareas que se elevan

*Alumnos del Bideford College miden la cresta de guijarros. Sophie Bosworth sujeta el bloc de notas, la alumna frente a ella sostiene el clinómetro, aparato clásico de geografía, que determina el ángulo de una pendiente. Detrás, los alumnos utilizan compás, reglas corredizas que determinan la dimensión y el aplastamiento de las piedras, tanto sobre la cresta como sobre y debajo de su frente.*

la cresta ahora», declaró, «para impedir al agua inundar la costa y así ganar tiempo».

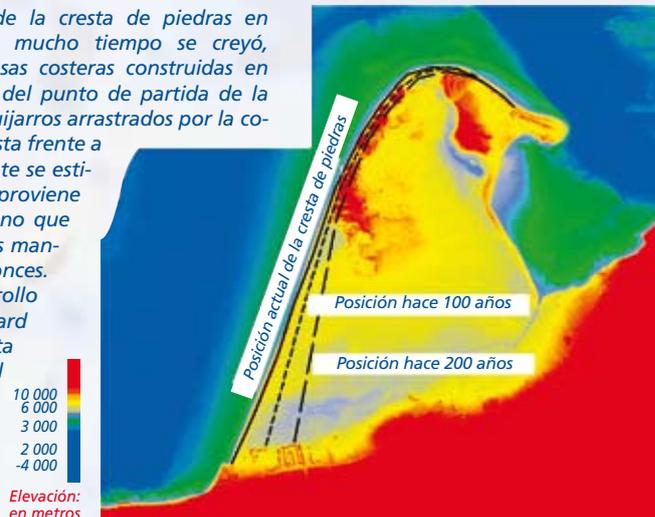
Pero esta costosa solución no es sostenible en lo absoluto. Ello se demuestra en los modelos previstos para los próximos 100 años, con ayuda de los datos del LIDAR y otros indicadores geomorfológicos como las antiguas y altas playas, vestigios del tiempo en que el nivel del mar estaba mucho más elevado, en los períodos interglaciares. El geólogo local Meter Keene señala que Northam Burrows ya ha desaparecido varias veces con anterioridad –el nivel del mar aumentó en 8 m hace aproximadamente 125 000 años– y que ello se producirá nuevamente.

Una de las víctimas de la precariedad de la cresta de guijarros será probablemente el terreno de golf local, lo que apena a la comunidad de golfistas. Su club, bajo el consejo del equipo de la Reserva de Biosfera, ha comenzado a reconfigurar su terreno teniendo en cuenta la progresión de la elevación del mar.

## Exhortar a los habitantes a pensar con sus cabezas

Para los habitantes de un país desarrollado, el término “cambio climático” evoca sobre todo la aceleración de la desertificación del Sahel, o la intensificación de los monzones de la India. Consideran que los probables efectos más graves del cambio climático ocurrirán demasiado lejos en el espacio y demasiado lentos como para actuar con urgencia en su entorno.

*Emplazamientos previsibles de la cresta de piedras en Northam Burrows. ¡Durante mucho tiempo se creyó, que eran las antiguas defensas costeras construidas en Westward Ho, justo al oeste del punto de partida de la cresta, lo que impedía a los guijarros arrastrados por la corriente marítima formar la cresta frente a Northam Burrows! Actualmente se estima que esta masa de guijarros proviene de un deslizamiento de terreno que se produjo hace muchos siglos manteniéndose intacta desde entonces. ¡Ello coincidió con el desarrollo del pueblo costero de Westward Ho! La orientación de la cresta cambiará con el tiempo con el fin de oponerse frontalmente a las olas dominantes.*



Fuente: Reserva de Biosfera de Branton Burrows–Norte Devon

No es fácil hacer comprender a los habitantes que una elevación del nivel del mar de 2,5 mm al año provoca, al paso de los años, una suma considerable, sobre todo si se considera que el ritmo del incremento deberá acelerarse en los próximos años. En el momento de tomar decisiones difíciles, como la de entregar o no la tierra al mar, reaccionan frecuentemente en función de sus sentimientos y no de su razón. Situar la perspectiva temporal del impacto justo más allá de

la perspectiva de vida de la comunidad actual ayuda a despersonalizar los problemas y le brinda a los ciudadanos el espacio necesario para implementar una política de adaptación que sus hijos y nietos agradecerán.

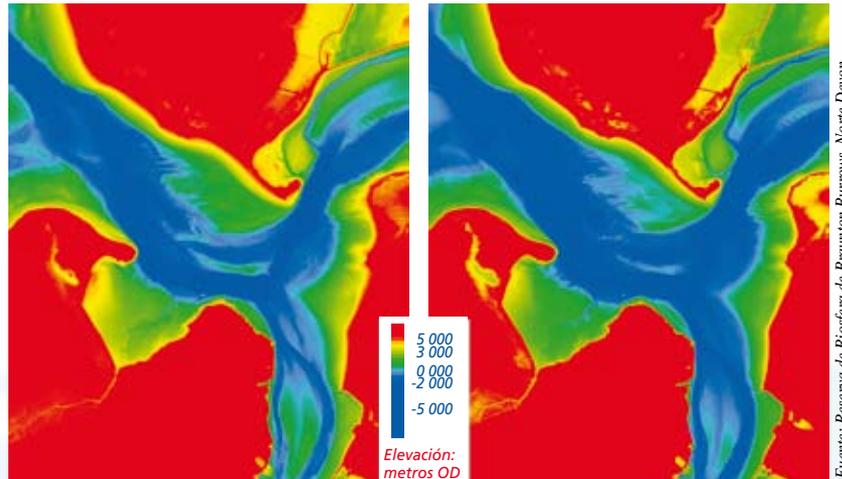
Al parecer, son los jóvenes los que más piensan en el futuro. Los alumnos del Colegio Bideford lanzaron un proyecto colectivo para medir la afectación de la elevación del nivel del mar en su playa y sobre la cresta de guijarros. Tomaron fotos y crearon un sitio web llamado *The Big Climate Thing*<sup>14</sup>, con el fin de mantener informado al público. El proyecto «me ha hecho tomar conciencia de la forma en que el cambio climático afecta ya a nuestro propio territorio» dice la joven Sophie Bosworth, alumna del colegio. «Sobre todo cerca del río y de las playas. Hemos observado la cresta de guijarros y su retroceso, cómo el mar lo erosiona y produce este cambio, así como las consecuencias que esto origina a las tierras que están detrás del mismo».

### Inquietud en el paraíso

Mientras tanto, en la Reserva de Biosfera Tropical de Malindi Watamu, en el litoral keniano, todas las miradas se tornan hacia los manglares y las playas. En la reserva, las bahías recubiertas de vastos bosques de manglares garantizan las mismas funciones que las marismas salobres de clima templado de Norte Devon: vivero para los peces y disipación de la energía de las olas. El río Sabaki, que desemboca en esta parte de la costa, transporta los sedimentos de los suelos erosionados de su cuenca, que ahogan a los corales. Esta fuente de estrés se añade a una elevación de la temperatura del mar y a la acidificación de los océanos. La elevación del nivel del mar, combinada con una sobre explotación de las fuentes del agua dulce a lo largo de la costa, ha originado reportes según los cuales algunos pozos son cada vez más salinos debido a una infiltración del agua de mar a través de la caliza permeable.

### La costa tomada con tenazas

Kenia disfruta de una legislación que protege la conservación de una zona de playa de 30 m por encima del nivel promedio de la marea alta. Es allí donde las tortugas marinas depositan sus huevos. Por otra parte, esta franja constituye una zona de amortiguación eficaz contra los impactos de la intensificación de las tormentas de los monzones del océano Índico.



Estas dos imágenes muestran la pérdida del ancho de la playa para una elevación de 1 m del nivel del mar, sin tener en cuenta el incremento de la erosión. A la izquierda, se muestra la situación actual.

Fuente: Reserva de Biosfera de Branton Burrows-Norte Devon

No obstante a ello se evidencia la erosión de esta zona de playa. La amenaza proviene a la vez del mar y de un inquietante aumento de construcciones no reguladas en tierra, que usurpan la playa. Los mismos síntomas «de estrangulamiento de la costa» se producen aquí, ¡pero en los dos lados al mismo tiempo!

Steve Trott, presidente de la Asociación Marina de Watamu, señala que la erosión en la playa del parque marino de Watamu, una de las principales playas de nidificación de las tortugas marinas de Kenia, se ha acelerado desde 2004. «Por lo que ahora las tortugas están obligadas a nidificar en esta parte cada más estrecha de la playa que se está inundado» explicó, «donde los nidos están en peligro de ser arrastrados por las olas y ser destruidos».

Al igual que en Gran Bretaña, los espíritus se acaloran al tratar de proteger el litoral y la vida silvestre. La Organización de la Reserva de Biosfera de Watamu trabaja con la Asociación Marina de Watamu con el fin de hacer respetar la aplicación de la ley que protege la franja de costa de 30 m. La Asociación ya logró defender su causa frente al Tribunal Nacional del Medio Ambiente al prohibir las construcciones de villas turísticas en el Blue Lagoon, una hermosa bahía natural.

### Garantizar el apoyo de la población

No solamente es el impacto de la elevación del nivel del mar lo que inquieta al comité de gestión de Reserva de Biosfera de Malindi Watamu. El problema principal es la pobreza. Ella engendra la deforestación de los manglares, la caza furtiva y la pesca excesiva, aún cuando los manglares sirven de vivero de los peces que atrapa la población y que estos proporcionan la indispensable madera para la construcción.



©Andrew Bell

Ahora, la comunidad toma en serio la protección de las tortugas. Cuando una catástrofe se produce y encuentran alguna ahogada en una red, es ceremoniosamente enterrada en la playa.

La FAO estima que 50% de los bosques de manglares de la costa de Kenia han desaparecido, ya fueran desbrozados para fines agrícolas o de vivienda, o destruidos para la construcción de salinas, o contaminados por vertimientos de petróleo. El Mida Creek Conservation Community Group y otras asociaciones trabajan en la Reserva de Biosfera para replantar parcelas de manglares. Se exhorta a la población a participar en los trabajos. La afluencia de turistas que acuden al área para observar las aves migratorias, como los flamencos, constituye un incentivo adicional, en la medida en que esto abre perspectivas de eco turismo. La situación no está exenta de conflictos ya que algunos grupos militantes de la comunidad local se esfuerzan por impedir el incremento de construcciones no controladas y poner fin a los impactos destructivos de la pesca ilegal y al exterminio de los manglares. Sin embargo, aquí la población parece estar mucho más consciente que los de Norte Devon del valor de los servicios que les brindan los ecosistemas, y en consecuencia, más dispuesta a trabajar con ellos. Quizás es esto lo que Kenia pueda ofrecer al Reino Unido.

©Andrew Bell



Habitantes del pueblo resiembran manglares bajo la cámara de TVE.



©Andrew Bell

Pescadores con sus redes en aguas poco profundas, en Malindi

en los países en vías de desarrollo, que son los más expuestos. No hay tiempo que perder para fortalecer la colaboración entre países que poseen la tecnología y aquellos que no. La Oficina Meteorológica del Reino Unido ha brindado a los países subsaharianos entrenamiento en cómo utilizar el PRECIS, que es una herramienta para convertir a una escala más reducida los grandes modelos climáticos. La utilización del PRECIS, el LIDAR y otras herramientas ayudará a estos países a planificar su futuro.

Permítanos concluir con una metáfora. Al igual que un surfista, al ver acercarse una ola anticipa su movimiento y cabalga sobre ella para evitar la muerte, las reservas de biosfera pueden ayudar a la sociedad a aprender a cabalgar sobre la ola rompiente del cambio climático.

Andrew Bell<sup>15</sup> y Paul Makenzi<sup>16</sup>

## Reducir el abismo tecnológico

Al comité de Malindi Watamu le gustaría obtener más información y datos sobre el cambio climático en la Reserva de Biosfera, pero no posee los recursos necesarios para modelar el impacto de la elevación del nivel del mar. Los equipos de las dos reservas esperan coleccionar al menos 150 000 dólares que les permitan obtener datos del LIDAR y batimétricos de esta zona e implementar al mismo tiempo sistemas completos de monitoreo y de gestión participativa. Mientras tanto, el equipo de Malindi Watamu ha establecido un sencillo sistema de monitoreo que ayudarán a modelar este segmento de la costa una vez obtenido el financiamiento.

Los modelos climáticos a gran escala y los informes del IPCC dan una indicación de lo que podríamos esperar, pero nos hace falta una mejor comprensión del impacto del cambio climático a nivel local, con el fin de adaptarnos a él antes de que sea demasiado tarde. Esta urgente necesidad es aún mayor

Ver en la página 6, el mapa de la Reserva de Biosfera de Braunton Burrows–Norte Devon.

Ver igualmente: [www.northdevonbiosphere.org.uk](http://www.northdevonbiosphere.org.uk)

Los trabajos realizados en las reservas hermanadas fueron filmados por TV Trust for Environment (TVE) y difundidos este año por la BBC World. La producción fue financiada por la UNESCO y la Unión europea. El DVD completo, de 22 minutos, Mareas que se elevan, está disponible en inglés y en francés en la UNESCO: [a.candau@unesco.org](mailto:a.candau@unesco.org). Se puede ver una versión de 3 minutos en: [www.unesco.org/mab](http://www.unesco.org/mab) (clic sobre Multimedia).

El proyecto de hermanamiento de las Reservas de Biosfera Reino Unido–Kenia fue posible debido al apoyo del Department for International Development del Reino Unido.

14. The Big Climate Thing:

[www.bideford.devon.sch.uk/climatelab/page4/index.html](http://www.bideford.devon.sch.uk/climatelab/page4/index.html)

15. Científico especializado en los litorales. Reserva de Biosfera de Braunton Burrows–Norte Devon: [Andrew.bell@devon.gov.uk](mailto:Andrew.bell@devon.gov.uk)

16. Especialista en gestión de recursos rurales. Programa El Hombre y la Biosfera en Kenia: [pmakenzi@yahoo.com](mailto:pmakenzi@yahoo.com)

# Agenda

## 1-3 octubre

### Agua, diversidad cultural y cambio del medio ambiente mundial

¿Tendencias emergentes, futuros sostenibles? Simposio internacional PHI-UNESCO, Instituto de Investigaciones sobre la Humanidad y la Naturaleza, UNU: [Lhiwasaki@unesco.org](mailto:Lhiwasaki@unesco.org); [www.waterandculturaldiversity.org/](http://www.waterandculturaldiversity.org/)

## 25-28 octubre

### Jóvenes especialistas en ciencias de la Tierra

1er congreso mundial, apadrinado por la UNESCO. Mesas redondas interdisciplinarias. Beijing (China): [www.yescongress2009.org/index.php](http://www.yescongress2009.org/index.php)

## 26-29 octubre

### Administrar la recarga de los acuíferos en los países de la SADC

Taller de formación con la cátedra de la UNESCO de hidrogeología en la Univ. de Western Cape (África del Sur). UNESCO Harare: [m.tchaou@unesco.org](mailto:m.tchaou@unesco.org); [s.taongai@unesco.org](mailto:s.taongai@unesco.org)

## 28-29 octubre

### Enseñanza de las ciencias de la Tierra en África

2do de cuatro talleres regionales organizativos para la nueva iniciativa de la UNESCO, a continuación del Año Internacional del Planeta Tierra. (El 1er tuvo lugar en Luanda, Angola, el 18-19 septiembre). Con la Geological Society of Africa y la Universidad de Assiout (Egipto): [www.unesco.org/science/earth](http://www.unesco.org/science/earth); [s.gaines@unesco.org](mailto:s.gaines@unesco.org)

## 4-7 noviembre

### Mecanismo de coordinación regional

De las actividades de la ONU en África. La UNESCO coordina el grupo de C&T de la ONU para el África. Addis-Abeba (Etiopía): [s.nair-bedouelle@unesco.org](mailto:s.nair-bedouelle@unesco.org); [www.unesco.org/science/psd/cluster.shtml](http://www.unesco.org/science/psd/cluster.shtml)

## 5-7 noviembre

### Foro mundial sobre la ciencia

4to foro. Examen de los 10 años que le siguieron a la Conf. Mundial sobre la Ciencia (1999). Academia de

Ciencias de Hungría con la División de Política Científica de la UNESCO y la Comisión Europea. Budapest (Hungría): [www.sciforum.hu](http://www.sciforum.hu); [www.unesco.org/science/psd](http://www.unesco.org/science/psd)

## 6-9 noviembre

### Mundialgeo

Simposio y entrega de premios de ingeniería. Estambul (Turquía): [t.marjoram@unesco.org](mailto:t.marjoram@unesco.org)

## 10 noviembre

### Jornada Mundial de la Ciencia

A favor de la paz y el desarrollo. Con la entrega de dos premios UNESCO: Kalinga y Sultán Qabos. Budapest (Hungría): (Kalinga) [y.nur@unesco.org](mailto:y.nur@unesco.org); (Sultán Qabos) [p.dogse@unesco.org](mailto:p.dogse@unesco.org)

## 17-18 noviembre

### Creación del Sistema de los sistemas de observación mundial de la Tierra

6ta sesión plenaria del Grupo de observación de la Tierra (GEO). Washington (E-U): <http://earthobservations.org/>

## 19 noviembre

### Necesidad de observar la Tierra, ayer, hoy y mañana

Simposio del GEO y los asociados de la estrategia de observación mundial integrada. Washington (E-U): <http://earthobservations.org/>

## 20-21 noviembre

### Planeta Tierra: el presente con vistas al futuro

Presentación mundial de los resultados del Año. Lisboa (Portugal): <http://yearofplanetearth.org/index.html>

## 24 noviembre

### Del origen de las Especies

Herencias científicas, pedagógicas y culturales. Para las delegaciones permanentes de la UNESCO. Conmemora el 150 aniversario de su publicación. Oradores invitados. Con la proyección de la película *Galápagos-homenaje a Charles Darwin*. UNESCO, París (Sala II): [a.candau@unesco.org](mailto:a.candau@unesco.org)

## 17-27 noviembre

### Festival de cine Khmer sobre la ciencia

1ro en Cambodia. Proyección de películas en la escuela, universidades, parques públicos y centro culturales, sobre la ciencia en la vida cotidiana, el cambio climático, la ecología, las ciencias de la vida, etc.: [t.diez@unesco.org](mailto:t.diez@unesco.org)

## 26-27 noviembre

### Enseñanza de las ciencias de la Tierra en África

3ro de los 4 talleres organizativos. Con la Red africana de Observación de la Tierra. El Cabo (África del Sur): [www.unesco.org/science/earth](http://www.unesco.org/science/earth); [s.gaines@unesco.org](mailto:s.gaines@unesco.org)

## 1-3 diciembre

### Implementación del Plan de Acción de Madrid en las Reservas de Biosfera del Pacífico

Red MAB del Pacífico. Honolulu, Hawaii (E-U): [burnett@bishopmuseum.org](mailto:burnett@bishopmuseum.org); [j.steffen@unesco.org](mailto:j.steffen@unesco.org); [m.clusener-godt@unesco.org](mailto:m.clusener-godt@unesco.org)

## 5-12 diciembre

### 4o Consejo ministerial africano sobre la C&T (CMAST).

La UNESCO es el único organismo de las Naciones Unidas con sede en el CMAST. El Cairo (Egipto): [www.unesco.org/science/psd/cluster.shtml](http://www.unesco.org/science/psd/cluster.shtml); [s.nair-bedouelle@unesco.org](mailto:s.nair-bedouelle@unesco.org)

## 7-18 diciembre

### Cambio climático

Conferencia de Naciones Unidas para adoptar un sucesor al Protocolo de Kyoto. Copenhague (Dinamarca): <http://en.cop15.dk/>

## 9-10 diciembre

### Enseñanza de las ciencias de la Tierra en África

4to taller regional organizativo. Con la Univ. de Dakar (Senegal): [www.unesco.org/science/earth](http://www.unesco.org/science/earth); [s.gaines@unesco.org](mailto:s.gaines@unesco.org)



Un Mundo de Ciencia es un boletín trimestral publicado en inglés, árabe ([www.unesco.org/science](http://www.unesco.org/science)), español, francés y ruso ([www.unesco.ru](http://www.unesco.ru)) por el Sector de las Ciencias Exactas y Naturales de la Organización de Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), 1, rue Miollis, 75732 París, Francia. Los artículos pueden ser libremente reproducidos, haciendo referencia a la UNESCO, los autores y a Un Mundo de Ciencia. Impreso en Francia por: Celer. El número ha sido impreso sobre papel reciclado en 12 000 ejemplares. Director de la Publicación: W. Erdelen; Jefe de Redacción: Susan Schneegans; Realización: Yvonne Mèhl y Lic. Perfecto Dipotet Alonso; Traducido del francés por: Adriana Montenegro. Para suscribirse gratuitamente: [www.unesco.org/science/](http://www.unesco.org/science/); Suscripción gratuita versión papel, para las bibliotecas y las instituciones: [s.schneegans@unesco.org](mailto:s.schneegans@unesco.org); Fax: (331) 4568 5827. Foto de Portada: Iguala del Archipiélago de Las Galápagos ©Evergreen. Reproducción autorizada. Patrocinado por Gobierno de España / Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino / Organismo Autónomo Parques Nacionales - ISSN: 1875-9737

# Nuevas publicaciones

## Aportes para la Enseñanza de las Ciencias Naturales

Julia Leymonié Sáenz. Producido por la Oficina regional de la UNESCO para la educación (Santiago, Chile). En español, 142 p. Consejo para hacer más eficaz la enseñanza de las ciencias. Para descargarlo: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001802/180275s.pdf>

## Acting on Climate Change

### The UN delivering as One

Preparado por el Consejo de Coordinación de los Jefes Ejecutivos del Sistema de las Naciones Unidas. En inglés, 35 p.

Examen de las acciones en curso en los órganos de las Naciones Unidas en materia de: conocimientos sobre el clima; ciencia, evaluación, vigilancia y alerta rápida; adaptación; fortalecimiento de las capacidades; financiamiento de la reducción de los efectos y de la adaptación; reducción de las emisiones por causa de la deforestación y el deterioro; transferencia de tecnología; apoyo a los esfuerzos nacionales y mundiales; sensibilización del público. Para descargarlo: [www.un.org/climatechange/pdfs/Acting%20on%20Climate%20Change.pdf](http://www.un.org/climatechange/pdfs/Acting%20on%20Climate%20Change.pdf)

## L'éducation pour le développement durable

### Second recueil de bonnes pratiques

Producido por el Proyecto de Escuelas Asociadas de la UNESCO. En francés e inglés, 72 p. Ideas innovadoras para enseñar a los alumnos: la biodiversidad local, la energía del sol y del viento, la forma de concebir habitaciones económicas en energía, el reciclaje, el turismo ecológico, la vigilancia de las playas, etc. Todos los proyectos fueron concebidos y creados por escuelas de la red de las escuelas asociadas de la UNESCO. Para descargarlo en inglés: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001812/181270e.pdf>; en francés: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001812/181270f.pdf>; para más detalles: [a.hamshari@unesco.org](mailto:a.hamshari@unesco.org)

## Geoheritage of East and Southeast Asia

M. S. Leman, A. Reedman and Chen S. P. (ed). Producido por los países miembros del Comité de Coordinación de los Programas de Geociencias, con la Universidad Kebangsaan Malasia. En inglés, 308 p. Contribución al Año Internacional del Planeta Tierra, la obra presenta el patrimonio geológico de China, República de Corea, Indonesia, Japón, Malasia, Filipina Tailandia y Vietnam. Describe también el trabajo de la Red Mundial de la UNESCO sobre los geoparques nacionales, la protección del patrimonio geológico y su utilización sostenible. Alienta la cooperación regional para su protección. Para pedir un ejemplar: [ccopt@ccop.or.th](mailto:ccopt@ccop.or.th) o vaya también a: [www.ccop.or.th](http://www.ccop.or.th)



## Towards a Science, Technology and Innovation Policy for the Republic of Armenia

Producido por la División de Política Científica y Desarrollo sostenible (UNESCO, París). En inglés, 88 p. Presenta los principales aspectos de la ciencia, la tecnología y el desarrollo económico de Armenia y recomienda que los decisores tomen medidas para que la C&T jueguen un mayor papel en las estrategias nacionales y de desarrollo. Para descargarlo: [www.unesco.org/science/psd/publications/s-p\\_series.shtml](http://www.unesco.org/science/psd/publications/s-p_series.shtml)

## Bref état des lieux du système national de recherche scientifique technique de la République du Burundi

Hocine Khelifaoui. Producido por la División de Política Científica y Desarrollo Sostenible (UNESCO, París), solo en francés, 84 p. Describe el estado de la I&D en Burundi y propone un conjunto de recomendaciones bajo forma de temas de discusión para las comisiones que deberán elaborar el Plan Estratégico del País para la Ciencia, la tecnología y la investigación con vistas a un desarrollo sostenible. Para descargarlo: [www.unesco.org/science/psd/publications/s-p\\_series.shtml](http://www.unesco.org/science/psd/publications/s-p_series.shtml)

## Tras la pista de una revolución académica Informe sobre las tendencias actuales

Philip Altbach, Liz Reisberg y Laura Rumbley. Informe preparado para la Conferencia Mundial sobre la educación superior (ver página 10), con el apoyo de SIDA/SAREC. El Resumen ejecutivo existe en español, inglés y francés, 20 p. Para descargarlo: <http://unesdoc.unesco.org/images/0018/001831/183168s.pdf>

## Integrated Urban Water Management Arid and Semi-arid Regions

Larry W. Mays (ed). Producido por el proyecto UNESCO-PHI. Ediciones UNESCO/Taylor & Francis, ISBN 978-92-3-104061-0. En inglés, 34,00 € 228 p. Revisa todos los aspectos del agua: aguas de superficie y subterráneas, cuestiones de calidad y cantidad, el hecho de que el agua es a su vez un sistema y un elemento que interactúan con otros sistemas y finalmente relación entre agua y desarrollo socioeconómico.

