



MAX-PLANCK-GESELLSCHAFT

En la Tierra viven seis mil millones de personas. Sin embargo, compartimos el planeta con trillones de animales y plantas. El valor que tienen las numerosas especies vegetales y animales es difícil de estimar y fácil de ignorar: especialmente cuando las prioridades están puestas en garantizar la cosecha del año próximo. Las áreas de cultivo producen un rendimiento concreto, cuyo valor lo establecen directamente las fuerzas de mercado. Pero ¿para qué necesitamos 25.000 especies de orquídeas, 1,5 millones de especies de hongos, 400.000 nematodos distintos o 20.600 especies de peces? Es sabido que la civilización moderna no se basa solamente en la tecnología y la cultura, sino que depende en gran

tabales avances en la obtención de materias primas, han conducido a tasas de explotación que son de diez mil a un millón de veces más altas que la velocidad a la que estos recursos naturales se renuevan. Por esta razón, ahondar aun más en la comprensión del concepto de "biodiversidad" representa uno de los grandes desafíos científicos que contribuirá de manera esencial a nuestra capacidad de supervivencia futura.

### ¿CÓMO SE PUEDE MEDIR LA BIODIVERSIDAD?

Al naturalista sueco Carl von Linné le debemos la primera clasificación sistemática de las especies vivas conocidas en aquel entonces. Su

## La ventaja de ser algo diferentes Porqué la vida apuesta a la biodiversidad.

medida de la diversidad de organismos. Los ecosistemas vírgenes le proporcionan al hombre bienes y servicios de vital importancia de manera prácticamente gratuita como, por ejemplo, alimentos, agua, materiales para la construcción, oxígeno, carbono, etc.

### UN MERCADO DE POSIBILIDADES QUE SE CONTRAE

Entre los cientos de especies que hacen posible el funcionamiento de un ecosistema existen interacciones complejas que no siguen patrones predecibles y que, por lo tanto, no se pueden describir fácilmente con simples fórmulas matemáticas. Actualmente, las especies se extinguen al menos mil veces —quizás diez mil veces— más rápido de lo que nuevas especies llegan a sustituirlas y sólo ahora, de a poco, comenzamos a entender cómo reaccionan los ecosistemas simples ante la pérdida o la inserción de cada especie animal o vegetal. A lo largo de la historia de la Tierra, al tiempo que fueron apareciendo nuevas especies o grupos de especies emparentadas, se fueron extinguiendo otras. La evolución de nuevas especies es la base de la diversidad biológica. Sin embargo, en el umbral al "siglo de la biología", la pérdida de especies biológicas crece en todo el mundo en una dimensión y a una velocidad nunca vistas. Las fuerzas de competencia en el mercado, que en los últimos dos siglos impulsaron no-

obra publicada en 1758 registró cerca de 9.000 especies de animales y plantas y dio comienzo a una lista que en los siguientes 200 años se ampliaría a más de un millón. Pero, lamentablemente, todavía nos queda pendiente la clasificación de al menos la misma cantidad de especies, quizás incluso diez veces esa cantidad. Y a fin de cuentas, ya no sólo se trata de descubrir especies hasta ahora desconocidas, porque la biodiversidad se halla a distintos niveles jerárquicos tales como ecosistemas, comunidades, especies, poblaciones y genes. Estos últimos representan las unidades fundamentales más pequeñas sobre las que se basa la diversidad biológica. Todas las especies necesitan de cierta diversidad genética en su población para conservar su capacidad

→



→ adaptativa frente a las cambiantes condiciones ambientales. Por eso se dice que los genes funcionan como “motor” de la evolución. Un gen raro, pero de todos modos disponible, podría ser precisamente lo indicado cuando una población es desplazada hacia un nuevo ambiente.

## UN SEGURO DE VIDA QUE SE PAGA CON GENES

El ejemplo de la **migración de las aves** manifiesta de forma impresionante cómo los cambios ambientales, en particular los climáticos, aceleran la formación de nuevos patrones de migración en las especies centroeuropeas. Los movimientos migratorios de las aves, sobre todo la migración parcial, surgieron tempranamente en la evolución. Actualmente, de aproximadamente 400 especies de aves europeas que incuban, el 60% corresponde a las llamadas aves migratorias parciales, es decir que en el semestre invernal sólo una parte de las aves abandona el área nativa de incubación y migra hacia el sur, mientras que el resto de la población permanece en su lugar. La migración parcial es una forma de vida sumamente eficaz por su capacidad de adaptación; ocupa un lugar clave en la transición que va desde las **aves migratorias**, pasa por las que migran ocasionalmente y llega a las **aves residentes**, es decir, las que permanecen en su área de incubación todo el año.

En la década de 1990, mientras estudiaban la curruca capirotada en la Estación Ornitológica Radolfzell, Peter Berthold y sus colaboradores pudieron comprobar que, en efecto, los genes regulan directamente las distintas formas de migración de las aves. Y este control no lo ejerce un único gen, sino un sinnúmero de

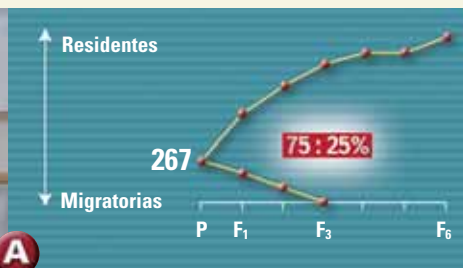
ellos: migrar o residir son características reguladas por los llamados poligenes. Las aves migratorias parciales poseen el potencial tanto de migrar como de residir. Según demostraron los experimentos de los investigadores del Instituto Max Planck (**Fig. A**), en condiciones extremas, estas aves pueden ser reconocidas como migratorias puras o como residentes en función del fenotipo. Según los cálculos de los biólogos, la transformación de una población de aves migratorias en una de aves prácticamente residentes (o viceversa) sólo tardaría unas 25 generaciones, o cuarenta años, en los pájaros cantores. La migración parcial posee entonces, como afirman los científicos, un alto **potencial de microevolución**. Su anclaje genético no ocasiona desventajas de ningún tipo, sino que más bien ofrece la gran ventaja de que el proceso evolutivo, en condiciones ambientales diferentes, se revierta en cualquier momento mediante la simple **selección genética**. Por esta razón, los investigadores suponen que también el restante 40% de las especies de aves europeas que incuban —que, al momento, poseen altas proporciones de aves migratorias— son, al menos en cuanto al genotipo, de migración parcial. Esto quiere decir que el genoma de estas aves también sigue siendo portador de aquellos genes que pueden activar el comportamiento de “residencia”.

Así, el mirlo europeo registra este tipo de evolución: hasta entrado el siglo XIX, en Europa Central se comportaba casi exclusivamente como ave migratoria que, en el período de incubación, vivía rehuída dentro del bosque y migraba a la cuenca del Mediterráneo para invernar. Hoy en día, las poblaciones de mirlos

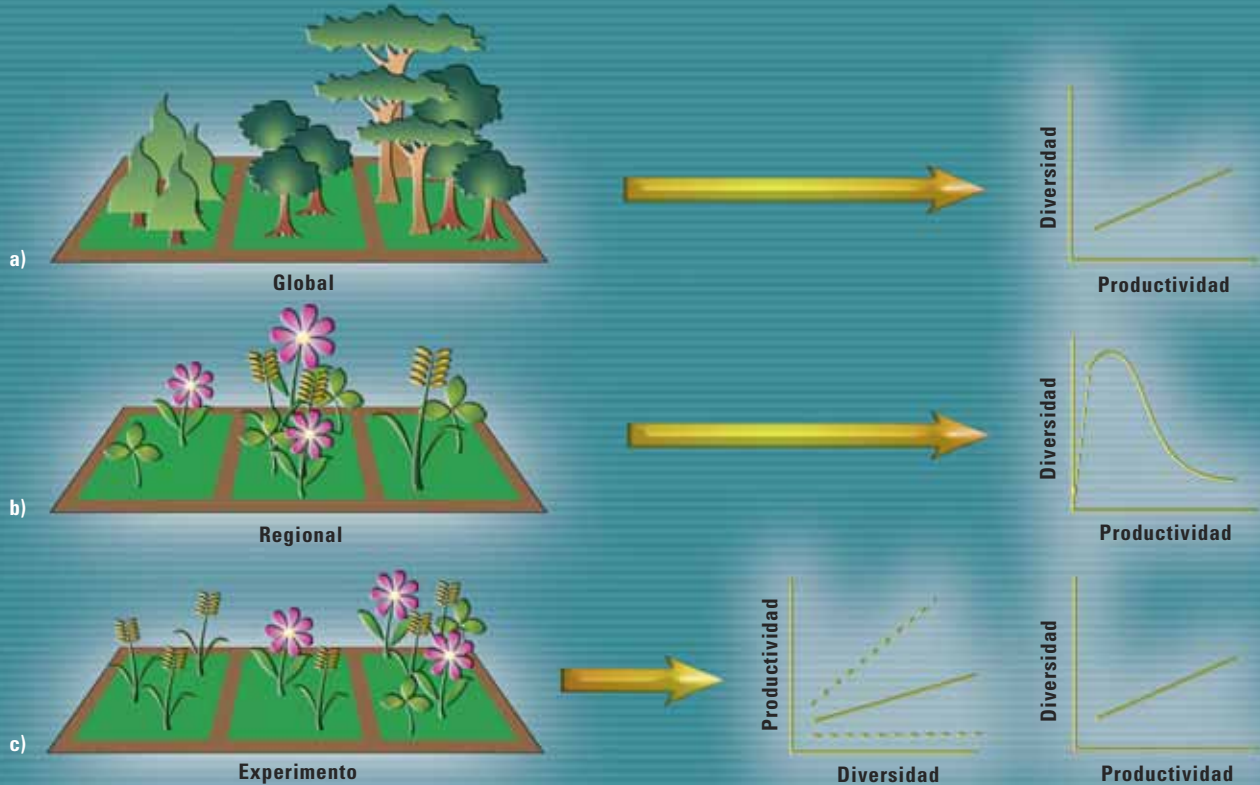
centroeuropeos son aves migratorias parciales y, puesto que las condiciones ambientales para los mirlos han ido mejorando, cerca de la mitad de sus ejemplares permanecen todo el año en el lugar de incubación. Esto es porque en las zonas urbanas y pueblos hay cada vez más superficies verdes que facilitan la búsqueda de lombrices de tierra. Además, los amantes de los pájaros alimentan cada año a los animales durante inviernos duros (y no tan duros). Estas aves residentes incuban preferentemente en hábitats cercanos a las poblaciones urbanas y favorables (“mirlo urbano”), mientras que los ejemplares migratorios eligen las regiones boscosas (“mirlo del bosque”), menos favorables y alejadas de las poblaciones urbanas. Si en nuestro planeta las temperaturas en las próximas décadas efectivamente aumentan varios grados Celsius debido al efecto invernadero, los investigadores esperan que un gran número de especies, que actualmente son migratorias parciales, se conviertan casi exclusivamente o por completo en aves residentes, como sucede hoy con las poblaciones de mirlos del Bajo Rin.

## VUELOS DE LARGA DISTANCIA SIN DESCUENTO

Las ventajas de invernar *in situ* son evidentes: las aves pueden ocupar su territorio a tiempo y, por lo tanto, elegir el mejor lugar. Un comienzo anticipado de la incubación eleva las posibilidades de realizar una segunda incubación en caso de que la primera falle. Asimismo, como consecuencia de inviernos más benévolos, la tasa de mortalidad baja. Por lo tanto, el clima más cálido provocaría que las poblaciones de aves residentes crezcan considerablemente. Por ende, en forma adicional,



◀ Los investigadores del Instituto Max Planck (foto) pudieron demostrar que a partir de una población de curruca capirotada de migración parcial, y después de apenas tres a seis generaciones (de F<sub>3</sub> a F<sub>6</sub>), se podían criar aves que migran o residen casi exclusivamente mediante selección experimental. Dicha selección corresponde a la microevolución producida en la naturaleza. Se criaron 267 aves cuya población original estaba compuesta por un 75% de aves migratorias y un 25% de aves residentes.



▲ En las plantas, la relación entre diversidad y productividad depende de la escala espacial. Vista globalmente, la diversidad aumenta constantemente con la productividad desde los polos hasta el Ecuador. Las selvas tropicales son los ecosistemas terrestres más productivos y ricos en especies del planeta (a). A escala regional, ante el au-

mento de la productividad, la diversidad disminuye a partir de cierto punto. Determinadas especies de plantas crecen tan bien en algunos lugares que, si bien aumentan la biomasa, desplazan a otras especies (b). En el experimento, en cambio, es posible notar una correlación positiva entre productividad y diversidad. En este caso, los in-

vestigadores pueden modificar únicamente el parámetro "diversidad" y medir la reacción de la productividad (c). Sin embargo, se puede observar otro comportamiento en los ecosistemas sin manipular: la productividad varía en función de la disponibilidad de nutrientes, agua y luz y, como consecuencia, también varía la diversidad.

un gran número de aves residentes podría conquistar nuevos nichos ecológicos y asentarse abarcando zonas más extensas que las actuales. Pero esto acarrearía grandes problemas para las aves migratorias europeas. En Inglaterra, amplias investigaciones mostraron que la densidad y la evolución de la población de aves migratorias dependen directamente de la magnitud de la población de aves residentes que vive en su área de incubación. En particular, aves migratorias de larga distancia que regresan tarde a su hogar pueden ocupar únicamente aquellos sitios que las aves residentes y las especies que regresan antes les dejan libre. Esta relación fue directamente comprobada en un experimento con currucas mosquiteras y capirotadas: si en un campo de experimentación, al momento de la llegada de la curruca mosquitera, se caza la curruca capirotada (que regresa a su casa mucho antes), en este lugar se asentarán muchas más currucas mosquiteras que lo habitual (muchas veces, la agresiva curruca capirotada expulsa de forma directa a la curruca mosquitera). El **calentamiento global** –según pronostican

los ornitólogos– podría expulsar paulatinamente a las migratorias de larga distancia de la avifauna europea. Si, por ejemplo, las aves que migran a África lograsen invernar en la cuenca del Mediterráneo, podrían volver a equilibrar la merma en la población, entre otras razones, debido a que tienen distancias de migración más cortas. Ya hay señales de ello, porque más de 15 especies de aves, que antes pasaban el semestre de invierno exclusivamente en África Central y Sudáfrica, entretanto invernan en pequeñas pero crecientes cantidades a lo largo de la región del Mediterráneo. Entre estas aves se encuentran el avión común (*Delichon urbica*) y la cigüeña blanca (*Ciconia ciconia*).

### UNA COMUNIDAD DE HUERTOS FAMILIARES CON FINES DE INVESTIGACIÓN

El cambio de determinados parámetros ambientales en un ecosistema puede llevar una distribución geográfica de las poblaciones absolutamente nueva y a una combinación diferente de especies en un mismo ecosistema.

Los investigadores del Instituto Max Planck de Biogeoquímica en Jena también estudian este tipo de interrelaciones entre la diversidad de especies y los procesos de los ecosistemas. Uno de los experimentos más amplios fue el proyecto de la Unión Europea, BIO-DEPTH, realizado entre 1996 y 1999. En ocho lugares de Europa se colocaron 480 parcelas de pradera y se sembraron distintas especies de plantas locales en un experimento unificado. Allí, los investigadores variaron tanto el número como la combinación de especies en cada uno de los pequeños jardines. En las respectivas parcelas de 4 m<sup>2</sup> redujeron el número de especies de 16, 8, 4 y 2 hasta llegar al monocultivo, es decir, a una única especie. Además, los investigadores dividieron las plantas en grupos de especies con características similares, los llamados "grupos funcionales", y a su vez, las fueron variando sobre el terreno de experimentación. Para mantener constante la combinación de plantas, los investigadores tenían que desmalezar el campo regularmente. Durante tres años, los ecólogos registraron una serie de características y pro-



→ cesos de los ecosistemas en toda Europa. Una de sus hipótesis más esenciales era: ¿la **diversidad de especies** vegetales influye en la **productividad** de un ecosistema? La evaluación de los resultados mostró que los lugares de emplazamiento más al norte y más al sur registraban, en general, niveles de biomasa más bajos (cosecha de heno) que los lugares de emplazamiento centroeuropeos. Pero había una tendencia que era evidente: tanto la cantidad de especies como el número de grupos funcionales influían en la productividad. Los pequeños jardines con menor diversidad vegetal efectivamente generaron menos **biomasa** que aquellos con mayor diversidad de especies o tipos funcionales.

**DIVERSIDAD DE NICHOS: A CADA UNO SU REINO**

Los resultados mencionados, publicados por la revista SCIENCE, parecen confirmar una suposición ya expresada en 1859 por Charles Darwin en su libro "El origen de las especies": "Se ha demostrado experimentalmente que si se siembra una parcela de terreno con una sola especie de gramínea, y otra parcela semejante con varios géneros distintos de gramíneas, se puede obtener en este último caso un peso mayor de hierba seca que en el primero." No obstante, algunos investigadores siguieron escépticos: según una de las principales objeciones, los resultados se aplicarían a ecosistemas creados con fines experimentales pero no necesariamente a ecosistemas naturales existentes (**véase recuadro**). Como consecuencia de esta discusión se inició una serie de nuevos proyectos de investigación que, por ejemplo, planteaban la posibilidad de que estos resultados sean transferibles a la vegetación natural existente. Entretanto, BIODDEPTH se considera uno de los proyectos más relevantes de la Unión Europea. "En las primeras aproximaciones pudimos mostrar experimentalmente que las diferencias ecológicas entre las especies llevan que, a medida que el número de especies se incrementa, los recursos existentes como la luz, el agua y los nutrientes, se aprovechen de forma más efectiva",

explica Ernst-Detlef Schulze, director del Instituto de Jena. Los científicos llaman a este fenómeno **complementariedad de nicho**. De este modo, las diversas especies de plantas penetran el suelo con sus raíces de distinta manera y aprovechan de forma óptima el agua disponible. Si en cambio crece una sola especie en el ecosistema, todas las plantas alcanzarán el mismo nivel de profundidad del suelo y por lo tanto, competirán por menor cantidad de agua disponible, creciendo en peores condiciones.

En la primavera europea de 2002, los investigadores del Instituto Max Planck iniciaron un proyecto en el valle del Río Saale, cerca de Jena, cuyas dimensiones y duración prevista (10 años) superan las de los experimentos realizados hasta ahora: sobre una superficie equivalente a 13 canchas de fútbol, crearon más de 400 parcelas y sembraron 495 mezclas diferentes de especies de pradera (**Fig. B**). Esta vegetación provenía de un conjunto de 60 especies que pudieron ser clasificadas en cuatro grupos funcionales diferentes. Cinco meses después de la siembra segaron las parcelas por primera vez clasificando las plantas según la especie y las pesaron. Se constataron los resultados de experimentos anteriores, ya que las praderas con más variedad de especies produjeron más biomasa que las de menor variedad. La pérdida de un grupo funcional repercutía de manera especialmente fuerte en la productividad. Para, por ejemplo, determinar en qué medida las praderas con menos especies de plantas desaprovechaban los nutrientes disponibles (algunas especies de plantas necesitan mucho nitrógeno, otras más bien fósforo), los investigadores extrajeron muestras de agua a iguales distancias. Dado que los nutrientes excedentes, es decir, los que no utilizan las plantas, no son absorbidos por el suelo, el agua subterránea se contamina. Si la concentración de determinados nutrientes en la muestra de agua aumenta, se constataría que los sistemas con menos variedad de especies no pueden aprovechar la diversidad que ofrecen los nichos. En el experimento BIODDEPTH, la concentración de nitrato

▲ **Luego de la siembra durante la primavera europea (a), para julio las plantas habían crecido bien en altura en las respectivas parcelas de pradera (b). En el experimento BIODDEPTH, todas las parcelas estaban provistas con instrumental para la toma de muestras de agua (c).**

en el agua del suelo de las praderas con menor variedad de especies excedió en siete veces el valor límite permitido para el agua potable.

Queda por responder hasta qué punto los resultados de los experimentos en praderas también se pueden aplicar a los bosques. Ante los crecientes daños causados por tormentas en los últimos años, actualmente se han incrementado los programas de reforestación. Sin embargo, todavía no se ha estudiado con mucho detenimiento qué posibles ventajas conlleva la transformación de la vegetación existente pobre en diversidad, en una con mayor diversidad y mejor estructura. En la primavera europea de 2003, los biogeoquímicos iniciaron otro proyecto internacional único llamado BIOTREE. En un barbecho de 80 ha, se plantaron 250.000 árboles durante los siguientes dos años. Esta vegetación debe ser estudiada científicamente en los próximos años y décadas. Los instrumentos de medición en el suelo y plantas, sumados a una torre para mediciones meteorológicas, registran los procesos y cambios que se producen en el suelo, la vegetación y la atmósfera a medida que crece el bosque. Quizás, un beneficio científicamente comprobado lleve a los seres humanos a proteger la riqueza biológica de esta Tierra.

**PIE DE IMPRENTA**

Sociedad Max-Planck, departamento de información y relaciones públicas, Hofgartenstraße 8, 80539 München / e-mail: presse@gv.mpg.de

**Redacción y texto:** Dra. Christina Beck

**Traducción:** Astrid Wenzel

**Diseño:** www.haak-nakat.de

La versión en español se hizo con el apoyo del DAAD y con fondos del Ministerio de Relaciones Exteriores de Alemania.



**SIEMENS**

