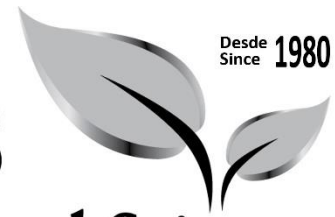




# Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences



## Migración y emigración de especies

### *Migration and Emigration of Species*

**Álvaro Madrigal <sup>a</sup>**

<sup>a</sup> El autor, biólogo marino y museólogo, es profesor en la Universidad Nacional, Costa Rica.

#### Director y Editor:

Dr. Eduardo Mora-Castellanos

#### Consejo Editorial:

Enrique Lahmann, UICN , Suiza

Enrique Leff, UNAM, México

Marielos Alfaro, Universidad Nacional, Costa Rica

Olman Segura, Universidad Nacional, Costa Rica

Rodrigo Zeledón, Universidad de Costa Rica

Gerardo Budowski, Universidad para la Paz, Costa Rica

#### Asistente:

Rebeca Bolaños-Cerdas



Los artículos publicados se distribuyen bajo una Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.revistas.una.ac.cr/ambientales>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

# MIGRACIÓN Y EMIGRACIÓN DE ESPECIES

## RESUMEN

La migración y la emigración son dos formas de dispersión: la primera se establece por su estacionalidad, la segunda es un viaje sin retorno; ambas en busca de territorios óptimos para la sobrevivencia de sus especies. Las dos son muy importantes para el proceso evolutivo, especialmente en lo que se refiere a la estabilidad de los ecosistemas y de las especies. Los dos fenómenos están enormemente afectados por los graves problemas ambientales que ha generado el ser humano; actualmente el cambio climático es el factor que amenaza con eliminar muchos de los procesos migratorios y, a la vez, catalizar nuevos procesos emigratorios. Esto llevará a reestructurar los ecosistemas y sus dinámicas, y nos enfrentará a una extinción masiva de especies.

*Migration and emigration are two forms of dispersion that are different, basically because of the seasonal character of the first, the second is a non return trip; both looking for suitable territories for the survival species. Both are very important for the evolution process, specially concerning the speciation and the ecosystem stability. The two phenomena are being affected because of the environmental problems generated by human beings: nowadays, the climatic change is the aspect that threatens with the ending of many migratory processes and at the same time to catalyse new emigration processes. In the long run, this would happen to restructure the ecosystems and their dynamics, facing us to a species massive extinction.*

por ÁLVARO MADRIGAL

La naturaleza tiene una dinámica simple en su funcionamiento; sin embargo, al ser humano le resulta difícil su comprensión. Simple, porque ella misma establece un equilibrio dinámico, donde cada parte cumple su función y forma un sistema orgánico perfecto que permite el desarrollo de la vida en sus múltiples manifestaciones. Dentro de este macro-sistema todas las partes se relacionan, y si un elemento desaparece la naturaleza sola se encarga de reemplazarlo.

A través de disciplinas como la genética, la ecología y la biogeografía, entre otras, hemos ido comprendiendo cada vez más los diferentes mecanismos y relaciones que establecen los seres vivos entre sí y con su medio, para mantener un orden que permita la sobrevivencia de todas las especies. Depredación, competencia, mutualismo y parasitismo son algunas de estas relaciones que permiten lograr el equilibrio de los ecosistemas y generan, además, el espacio vital para cada especie. En todo grupo existe la necesidad de tener un lugar para vivir, de procrearse y alimentarse; algunos son autosuficientes y pueden crear su propio alimento, otros deben obtenerlo de otras fuentes.

Éste es probablemente el secreto del éxito para la sobrevivencia: ¿dónde y cómo obtener el alimento?; ¿dónde aparearse de manera que también exista alimento suficiente para las crías? No existe un lugar o una forma de obtener el alimento iguales para todas las especies; ciertas limitaciones controlan esta posibilidad. Cada especie se adapta a un tipo de características físicas, químicas y biológicas determinadas, fuera de las cuales su supervivencia es imposible. Algunos grupos han logrado encontrar la región que durante todo el año les proporciona alimento, suficiente para ellos y su progenie. Otros, sin embargo, no han encontrado tales beneficios, por lo que deben viajar a otros sitios. Si este viaje se ejecuta sin retorno al lugar de origen, se le llama emigración; en cam-

bio, si es de ida y vuelta, se le conoce como migración (Maier 2001).

### **Migraciones y emigraciones: dos mecanismos de dispersión**

La migración y la emigración son parte de un proceso mayor llamado dispersión, que permite regular el tamaño de las poblaciones. Ambos fenómenos contribuyen a asegurar la sobrevivencia de las especies más adaptadas —los más débiles son desplazados o se convierten más fácilmente en presa de los depredadores. Así, un área determinada solo mantendrá el tamaño de población para el cual puede proveer recursos y espacio suficientes, y el resto de individuos deberá buscar otras opciones o perecer (Enkerlin *et al.* 1997). Aunque la migración y la emigración son modalidades de un mismo proceso mayor, ambas poseen diferencias basadas en factores que las provocan y en individuos que las ejecutan.

En el caso de la emigración, se puede dar por

dos causas básicas: competencia intra e interespecífica y destrucción o transformación de hábitats. En el primer caso, tienden a emigrar los individuos o poblaciones que no consiguen obtener un territorio que les dé su sustento. También puede darse la emigración de poblaciones enteras que se ven desplazadas por un nuevo competidor, muchas veces introducido por el ser humano, que puede adaptarse mejor al nuevo ambiente. Otra causa de la emigración es la destrucción y consecuente disminución del hábitat de diversas especies, igualmente ocasionada por el ser humano. Las especies buscarán nuevas áreas para sobrevivir, lo que podría ocasionar en algún momento un efecto dominó, obligando a otras especies a desplazarse. Sin embargo, aunque la emigración es un proceso natural y necesario, cuando los ecosistemas han alcanzado su madurez y equilibrio, este proceso se da solo en casos aislados y de forma muy lenta.

La emigración como proceso de dispersión ha



Partridge Films

sido uno de los motores de otro proceso, conocido como especiación, en el que algunas poblaciones de determinada especie se ven obligadas a trasladarse de su lugar de residencia a otros donde puedan encontrar las condiciones similares para sobrevivir. Si las condiciones de este nuevo lugar son lo suficientemente diferentes como para que el grupo deba desarrollar un proceso de adaptación, unido a una separación espacial y temporal de los otros miembros de su misma especie, esto derivará en el surgimiento de una nueva especie. El fenómeno de dispersión es de suma importancia en la consolidación del grado de madurez de los ecosistemas, ya que permite que éstos puedan llenar todos sus nichos, y establecer así un equilibrio dinámico de interrelaciones entre todos los seres vivos.

Este proceso de aislamiento y adaptación a nuevos requerimientos estaría relacionado con lo planteado por Charles Darwin y el grupo de científicos que le siguen fielmente, quienes proponen que el proceso de especiación se da de forma gradual (teoría de evolucionismo gradual), es decir, las especies se mantienen casi inmutables de generación en generación. Sin embargo, cada vez que el material genético se replica, sufre ligeras alteraciones que generalmente son desechadas por ser negativas para la especie en su adaptación al medio. Solo un pequeño porcentaje de estas mutaciones pueden ser beneficiosas para los individuos, por lo que mediante el mecanismo de selección natural son incorporadas al genoma de los individuos que sufren dichos cambios. Al darse esto, los organismos tienen la posibilidad de heredar esta nueva información genética a su progenie. Si el proceso de alteración se da nuevamente en los hijos de estos individuos, el cambio se irá sumando al ya heredado, por lo que al cabo de cierto número de generaciones, la totalidad de la información genética incorporada al genoma del grupo hará que aparezca una nueva especie. La emigración hace así su gran contribución a la biodiversidad y, además, puede ser efectuada por cualquier ser viviente.

En cuanto al fenómeno migratorio, las razones que lo provocan son en cierto sentido similares, ya que la principal causa es la búsqueda de sitios ideales de apareamiento y anidación, donde la cantidad de alimento sea suficiente para la población, incluidos los nuevos miembros del

grupo. El proceso se activa como respuesta a un cambio en las condiciones físicas, químicas y biológicas, tanto del medio externo como de la fisiología del animal —muchas veces son una consecuencia a esos cambios externos. En resumen, la necesidad de buscar el sitio adecuado para aparearse, obtener alimento suficiente y que los nuevos individuos encuentren condiciones favorables para desarrollarse son las principales causas de la migración.

A diferencia de la emigración, probablemente en este caso el proceso de especiación no se vea tan beneficiado, ya que no se da tanto ese aislamiento. Las especies se han adaptado a los diferentes hábitats que ocupan, escogidos básicamente por su idoneidad. Así, las poblaciones no se mantienen aisladas unas de otras por mucho tiempo, sino que más bien se reúnen año con año en los sitios de apareamiento y alimentación.

Por otro lado, las migraciones contribuyen enormemente en el control de las poblaciones de sus depredadores y de las especies de las cuales los grupos migratorios se alimentan, ya que al alejarse de sus territorios por un tiempo sus depredadores disminuyen. Igualmente, permiten que en su ausencia se recuperen las poblaciones de organismos de los cuales ellos se alimentan. Sin embargo, existen casos en que las especies depredadoras también migran, acompañando a sus presas para asegurarse un suministro constante de alimento. Esto se da más en el caso de los mamíferos.

Por principio básico, ningún individuo o población emigra de su lugar de origen, a no ser que se vea obligado a hacerlo por las razones ya descritas y, si lo hace, su búsqueda terminará cuando encuentre uno o más sitios que le puedan asegurar su supervivencia. En algunos casos, el proceso no se detiene si las causas que lo provocan persisten y si no existen barreras físicas que lo detengan, como en el caso del coyote (*Canis latrans*), especie que continúa colonizando tierras hacia el sur de nuestro continente, invadiendo áreas que hasta hace poco le eran desconocidas. Los motivos se resumen en la destrucción de su hábitat original y en que ha logrado adaptarse a la presencia del ser humano.

Sin embargo, son más las especies que migran que las que emigran. Aunque ambos son procesos naturales, por cuestiones de adaptación y se-

lección natural las migraciones son más permanentes.

### **Incidencia de las actividades humanas**

El fenómeno migratorio, como mecanismo de adaptación, tiene su origen millones de años atrás. Por eso es difícil comprender por qué hay especies que gastan gran parte de su vida viajando miles de kilómetros. Se especula que estos viajes se iniciaron entre puntos que no estaban tan distantes unos de otros, pero luego, por diversos procesos geológicos, comenzaron a alejarse.

Sin embargo, las especies en su camino evolutivo permanecieron fieles a estos sitios (Maier 2001). Para estas especies, el éxito de la migración depende de una coordinación entre el proceso migratorio en sí y los diversos fenómenos que posibilitarán que durante el viaje y al llegar al destino final existan las condiciones adecuadas para que el grupo sobreviva. Estas condiciones pueden ser: presencia o ausencia de lluvias, épocas de floración, temperaturas adecuadas, períodos de eclosión de ciertas larvas de insectos, etc. A su vez, el grupo migrante efectúa una labor de control poblacional en las especies de las cuales se alimenta. Durante millones de años, esto no ha sido problema; la naturaleza ha sabido premiar este enorme esfuerzo. Las especies viajan y encuentran las condiciones adecuadas para seguir su ciclo. Sin embargo, desde hace apenas una milésima de segundo geológico, esto ha empezado a cambiar. Un nuevo factor ha irrumpido, poniendo en peligro el buen desarrollo de los fenómenos migratorios: el *Homo sapiens* se ha encargado de des-

truir la provisión de alimento y, además, alterar el horario de suministro de dichos alimentos.

Ante la problemática ambiental que ha generado el ser humano, no cabe duda de que no existe ecosistema en todo el mundo —o proceso dentro de éste— que no se haya alterado y perjudicado. Esta alteración en los hábitats provoca que las especies deban buscar nuevas áreas aptas para su supervivencia y adaptarse, siempre y cuando las especies tengan el tiempo y espacio suficientes para poder movilizarse en busca de dichas condiciones. De lo contrario, el resultado simplemente será la extinción. Además, las especies se verán afectadas al tener que enfrentar nuevos competidores o depredadores. La dinámica del ecosistema se verá perturbada por un proceso que sucede a una velocidad mucho mayor de la que ha sucedido a través de la historia.

El acelerado proceso de destrucción de hábitats que ha generado el ser humano —debido principalmente a un enorme crecimiento demográfico y a un ilimitado afán de consumo— nos ha llevado a casi agotar, de forma tal vez irreversible, nuestra fuente única de recursos: la naturaleza. Costa Rica, a pesar de los enormes esfuerzos por conservar su patrimonio natural, no ha sido capaz de impedir tal deterioro. Por un lado, la degradación del ambiente

afecta a los procesos migratorios y arriesga su continuidad en el tiempo; y, por el otro, provoca que los procesos emigratorios ocurran debido a un fenómeno que constituye el principal problema ambiental que hoy enfrentamos: el cambio climático.



F. Rizzo-Patrón

## Grupos migratorios en Costa Rica

Nuestro país recibe cada año millones de animales migratorios: la gran mayoría son aves, también incluye tortugas y ballenas, como los segundos más importantes. Para algunas especies nuestro territorio es solo un sitio de paso; para otras es su destino final; para muchas, un lugar de apareamiento, anidación y alimentación; y también lugar esencial para la preservación de la especie. Existen además las llamadas migraciones locales, en las que las especies se movilizan generalmente unos cuantos kilómetros. Algunas de éstas son: aves acuáticas y semiacuáticas, como el jabirú (*Jabiru mycteria*), o el quetzal (*Pharomachrus mocinno*); mamíferos como los saínos (*Tayassu tajacu*) y los chanchos de monte (*Tayassu pecari*), entre otros.

La forma como afectamos a los grupos migratorios depende básicamente del tipo de migración que ejecutan y del hábitat que deben usar. La pesca excesiva, la caza desmedida y la contaminación son las principales problemáticas antropogénicas que afectan a las especies migratorias, en muchos casos hasta su extinción.

Costa Rica ha generado una legislación para proteger la biodiversidad y sus procesos, y desde hace años se viene desarrollando un proceso de consolidación del Sistema de Áreas de Conservación (Sinac), tratando de llevar la protección de la naturaleza a las áreas protegidas y aledañas. Las áreas protegidas son sitios de refugio, descanso, alimentación, apareamiento y anidación para la mayoría de estas especies. Sin embargo, no podemos ignorar que aún su supervivencia está en peligro: paralelamente a estos esfuerzos de conservación, se han desarrollado actividades cuyas consecuencias resultaron y están resultando nefastas para el ambiente, y específicamente para la biodiversidad y sus procesos. Veremos a continuación qué ocurre con estos grupos migratorios.

### Tortugas

Al menos cinco especies de tortugas marinas llegan a nuestras costas. Existen sitios de anidación en ambos litorales, los principales —algunos a nivel mundial— protegidos dentro de parques nacionales o refugios de vida silvestre. Pero esto no ha sido impedimento para que diversas acciones del ser humano pongan en peligro su idoneidad para recibir a los grupos migratorios.

Algunas de estas acciones son:

- Construcción de playas en sitios de anidación: como Playa Grande y Playa Langosta, en el Parque Nacional Marino Las Baulas. Debido a la falta de recursos para comprar las tierras aledañas a las playas, éstas han pasado a manos de propietarios privados quienes, por un lado, transforman el ecosistema y su interrelación con el ecosistema marino, y por otro edifican construcciones que inciden directamente sobre la propia llegada de las tortugas a la playa, principalmente debido a las luces que tienden a desorientarlas y en algunos casos a alejarlas.
- La extracción ilegal de huevos afecta directamente la cantidad de nacimientos e incide sobre la población absoluta.
- La pesca en áreas próximas a la playa: aunque no sean un producto directo de pesca, se convierten en un producto indirecto, ya que los métodos de pesca no contemplan mecanismos de liberación de las tortugas atrapadas.
- Pesca de tortugas para consumo de su carne: se da principalmente en el Caribe.

La problemática de las tortugas es bastante compleja, ya que enfrentan también una amenaza muy grande en altamar, lejos de las costas, donde se pierde de alguna forma la posibilidad de protegerlas. Una de las opciones que empieza a plantearse es la creación de corredores biológicos marinos, como el recientemente propuesto en el océano Pacífico, que iría desde Costa Rica hasta las islas Galápagos, donde se prohibiría la pesca de estos animales. El problema radicaría en monitorear y patrullar este enorme corredor, lo que parece ser algo imposible.

### Aves rapaces

Las aves rapaces realizan migraciones de miles de kilómetros, de norte a sur y viceversa. Son miembros de las familias *Accipritidae* (halcones y gavilanes), *Pandionidae* (águilas pescadoras) y *Cathartidae* (zopilotes). Estos grupos viajan durante los meses de octubre y noviembre hacia el sur. Podría pensarse que provocan un enorme desequilibrio ecológico en los sitios por donde sobrevuelan, ya que deben detenerse a descansar y alimentarse; pero no, estas aves se alimentan durante semanas para aumentar sus depósitos de grasas, fuente de energía durante el viaje. En general, lo que ellas requieren para su largo viaje

son, principalmente, sitios para descansar; las áreas protegidas pueden cumplir esa función. En nuestro país, estas aves viajan rodeando la cadena montañosa central, es decir, sobre terreno de poca altitud. Al no existir un corredor biológico que cruce nuestro país en forma longitudinal, significa que las aves se ven obligadas a realizar su travesía sobre terreno descubierto; sin embargo, no parece que ello tenga una incidencia negativa sobre dichas poblaciones migratorias, especialmente porque aquí no se da una captura deportiva o comercial de estos individuos.

por investigar sobre la magnitud del problema. Esperamos tener pronta información que permita tomar medidas correctivas.

### Aves passeriformes y apodiformes

Estas aves realizan también migraciones desde el norte del continente. Este grupo reside en nuestro país por algún tiempo, demandando suministros de alimentos para una población mucho mayor de la que podemos imaginar. Por lo tanto, los principales problemas que enfrentan son la destrucción de sus hábitats y la introduc-



F. Trama

Un problema que sí enfrentan estas aves migratorias es la construcción de líneas de transmisión del Instituto Costarricense de Electricidad (Ice), con las cuales no están familiarizadas. Ellas tienen problemas para ubicar durante su vuelo la distancia a la que se encuentran los cables de dichas líneas, los cuales deben tener elementos coloridos de forma continua, para que sean visibles a ciertas distancias, de manera que les dé tiempo a las aves de ubicarlos y esquivarlos. Poco se ha estudiado acerca de cómo esta situación afecta a las poblaciones de rapaces migratorias. Recientemente el Ice se ha interesado

en la construcción de animales domésticos que se convierten en sus depredadores. Es muy común observar a aves como el cardenal (*Piranga rubra*), el cacique veranero (*Icterus galbula*) y el colibrí en los jardines de casas urbanas, debido precisamente a la reducción y a la eliminación de sus hábitats: por ejemplo, los tradicionales árboles frutales de los cuales estas aves se alimentan (como el jocote, la guayaba y el indio desnudo, entre otros) son cada vez más escasos.

En cuanto al peligro que representan las mascotas, en países como Inglaterra los gatos domésticos llegan a cazar cerca de 20 millones de aves

anualmente. Otro aspecto que afecta a estas poblaciones es el excesivo uso de plaguicidas, que mata la microfauna de suelos, charrales y cultivos —los cuales constituyen su principal fuente de alimento— y en varias ocasiones estas aves mueren envenenadas.

### **Aves ciconiformes y anseriformes**

Algunas de ellas realizan migraciones latitudinales, otras ejecutan migraciones locales en busca siempre de zonas de anidamiento y forrajeo. No cabe duda de que lo que más ha afectado a estas aves es la transformación de su hábitat en zonas de cultivos y ganadería, ya que esto, además de reducir su espacio vital, implica también el uso desmedido de plaguicidas que termina envenenando las aguas de los ecosistemas que constituyen los últimos territorios que les quedan. Para especies como el galán sin ventura (*Jabiru mycteria*), la deforestación ha implicado la desaparición de sus principales sitios de anidación, ya que para anidar necesita árboles de gran envergadura —principal presa de los deforestadores. Por intervención del ser humano, muchos de los espejos de agua que utilizan estas aves para alimentarse se han visto enormemente reducidos.

### **Peces de agua dulce**

Un grupo que hasta el momento ha sido prácticamente ignorado como grupo migratorio son los peces de agua dulce, que efectúan migraciones río abajo para aparearse. Un ejemplo es el pez bobo (*Joturus pichardi*), que vive en los ríos de la zona norte y caribeña de nuestro país, y suele realizar migraciones río abajo para desovar y regresar más tarde aguas arriba. El deterioro de sus ecosistemas es el principal aspecto negativo que han sufrido, mediante la contaminación de los ríos por plaguicidas y por descargas de aguas de desecho. Otro problema son las represas, que impiden precisamente que estos individuos se desplacen a desovar río abajo.

Existen pocos estudios que cuenten la incidencia real de este problema. En lugares como el río Peñas Blancas, se ha comenzado a estudiar el efecto de la represa en las poblaciones, ya que no se sabe aún si los peces que no pueden migrar a la desembocadura de los ríos para desovar, lo efectúan en algún otro sitio del río o no logran hacerlo.

### **Peces marinos costeros**

Algunos de estos individuos, que viven cerca de las costas, efectúan una migración entre zonas de apareamiento e incubación, zonas de desarrollo juvenil y de desarrollo en su madurez. Durante la fase de apareamiento estos peces viajan al límite de la plataforma continental, donde se aparean y depositan sus huevos para protegerlos de posibles depredadores. Al eclosionar, los neonatos nadan hacia zonas de manglar en la costa, donde encontrarán alimento suficiente y protección entre las raíces del manglar. Al desarrollarse, se trasladarán a aguas más profundas, incluso a mar abierto, donde continuarán con el ciclo. Las amenazas a que se enfrentan estas especies son la pesca excesiva, la contaminación de su hábitat y la destrucción de las áreas de manglar para utilizarlas con otros propósitos.

Obviamente, los bosques de manglar resultan esenciales dentro del ciclo vital de estos grupos. Si desaparecen, lo mismo harán muchas especies. Los principales manglares de nuestro país están en el golfo de Nicoya y en la desembocadura del río Térraba-Sierpe. El primero es el principal sitio para las pesquerías de nuestro país. Se considera que como ecosistema está en grave estado de salud debido a la disminución de sus poblaciones de peces, por la contaminación de desechos industriales, domésticos y agrícolas producidos en diversas regiones del país, especialmente en el Valle Central y en las zonas agrícolas de las planicies guanacastecas. Además, su régimen hidrológico se ha visto afectado por el desvío de aguas utilizadas para riego y la destrucción de sus manglares. En el caso de los manglares del Térraba-Sierpe, la principal amenaza es la realización del Proyecto Hidroeléctrico Boruca, que probablemente significaría la destrucción de la mayor parte del manglar —al perturbar el equilibrio de agua dulce y agua marina del que depende la existencia de los manglares— y el arrastre de sedimentos que generan los proyectos hidroeléctricos.

### **Ballenas**

Hasta el momento no existen datos concretos sobre si este grupo se ve afectado durante su permanencia en aguas costarricenses. Nuestros mares no son zona de pesca de ballenas, por lo que ése no debe ser su mayor peligro. Los estudios dicen que aparte de la cacería de ballenas,





P. Cubero

principalmente en aguas templadas, lo que más las afecta son las explosiones submarinas para buscar petróleo o las emisiones de los submarinos nucleares, que tienen grandes efectos sobre sus sistemas de localización y navegación, y llegan a veces a causar tal desorientación en el animal, que muchos se dirigen sin saberlo hacia la playa, donde encallan y mueren.

Nuestro país ha declarado zonas de protección algunos de los sitios donde estos mamíferos se aparean, lo que contribuye enormemente a su protección. En tanto esto siga así, este grupo estará protegido; sin embargo, si Costa Rica decidiera abrirse a la exploración petrolera en nuestras costas, podría poner en grave riesgo de contaminación las zonas de apareamiento de estos mamíferos y afectaría a toda la vida marina.

### **La amenaza del cambio climático**

Aún hoy se discute si este fenómeno es causado por factores humanos o es simplemente una etapa más de la historia de cambios globales que ha sufrido el clima mundial, como la disminución de las temperaturas hace 10.000 años, conocida como la última era glacial. Después se dio un incremento en las temperaturas que transformó el paisaje de todo el mundo, y a su vez pudo

significar la desaparición de varios mamíferos que no pudieron adaptarse a dicho incremento. Existe un acuerdo en la comunidad internacional respecto de que este fenómeno es consecuencia directa de la emisión excesiva de gases de efecto invernadero por diversas actividades del ser humano. A continuación, discutiremos sobre las consecuencias de este fenómeno en la migración y emigración.

El cambio climático es probablemente el principal problema que enfrenta nuestro planeta por la gravedad de sus impactos, ya que los daños se pueden manifestar como un efecto en cadena, perjudicando a todos los ecosistemas y a todo ser viviente dentro de ellos. Existen dos teorías sobre los posibles efectos globales. La primera sugiere un aumento de la temperatura en todo el planeta, provocando varios cambios que incidirían directamente sobre la distribución actual de las especies. Por un lado, aumentaría la evaporación de las aguas; al haber mayor concentración de vapor de agua en la atmósfera habría a su vez más cantidad de lluvia, especialmente en estas latitudes tropicales —donde ya el régimen de precipitaciones es bastante alto. El efecto sobre las especies migratorias es difícil de prever. Por ejemplo, en el caso de las aves acuá-

ticas, una de las mayores amenazas que enfrentan es la disminución y desaparición de sus hábitats. Humedales como Palo Verde y Caño Negro, entre otros, sufren un proceso de disminución constante de sus espejos de agua, debido a labores agrícolas y ganaderas, y a la invasión de plantas que disminuyen la capacidad de retención de agua. Otro fenómeno que ha ido ligado a ese aumento de actividades agropecuarias es la deforestación, que elimina parte esencial del ecosistema de humedal y acelera el proceso de escorren-tía-erosión-sedimentación.

Por un lado, el nuevo aumento de lluvias favorecería la restauración de los humedales a condiciones más idóneas; pero por otro el calentamiento global también está provocando el derretimiento de los glaciares —del Ártico principalmente. Esto tiene como consecuencia directa un aumento en el nivel del mar, lo que provocaría un acrecentamiento de las olas y mareas, que acelerarían el proceso erosivo de las costas con la consiguiente destrucción de ecosistemas costeros, como manglares y estuarios. También, el agua salina del mar penetraría cada vez más en los estuarios y afectaría la composición química del agua y todos los procesos que de dicha composición dependen.

Este derretimiento de los glaciares nos lleva al planteamiento de la segunda teoría sobre las posibles consecuencias del calentamiento global, en la que dicho derretimiento podría estar provocando una contracorriente de agua fría que fluiría desde el Polo Ártico hacia el sur y detendría la llamada "corriente del golfo" en el Atlántico. Corriente que, por ser cálida, es la responsable de mantener temperaturas no tan frías en la costa este de América del Norte y en la costa oeste de Europa. Al detenerse esta corriente, el clima de dichas regiones se volvería demasiado frío, similar al de la última era glacial. Por otro lado, la corriente de agua fría continuaría viajando hacia el sur, por lo que a su paso por el trópico se calentaría, y a su llegada a la Antártida provocaría un derretimiento de los glaciares, lo que al final provocaría un aumento mundial de hasta diez metros del nivel del mar. Esto significaría la destrucción de todos los ecosistemas costeros, así como la perturbación en los patrones de migración de las especies marinas que deben buscar aguas cálidas para tener a sus crías.

Este aumento de la temperatura también

provocaría cambios en el comportamiento de las especies a lo largo del año, ya que habría patrones fisiológicos que sufrirían modificaciones. Podrían adelantarse o atrasarse en su nacimiento, dependiendo de las condiciones, pero lo importante entonces es que estos procesos ya no coincidirían con el arribo de las poblaciones migratorias. Por ejemplo, las aves que migran de Holanda a África han seguido con su patrón de migración desde hace ya varios años, sin embargo, debido al calentamiento global, las larvas de polillas de las cuales ellas se alimentan han anticipado su nacimiento. El período de incubación de las aves se ha ido adelantando también, pero aún no coinciden plenamente, lo que representa menos alimento disponible para los polluelos y para todos los miembros; lo que induciría, por consiguiente, a una disminución de la población (Montaigne 2004).

En Costa Rica las aves migratorias, pertenecientes a los paseriformes y apodiformes, podrían verse afectadas por este fenómeno, ya que ellas se alimentan principalmente de insectos, flores y frutos. Si existe alguna alteración en el ciclo de vida de los organismos de los cuales ellas se alimentan, se producirá una distorsión más de la ya existente en el suministro de alimentos.

En el caso de especies como las tortugas, la determinación del sexo está directamente condicionada por la temperatura. Un aumento de ésta implicaría un sesgo en la tasa de sexos de este grupo, y favorecería el nacimiento de hembras en detrimento de los machos.

Por el contrario, la emigración se vería estimulada por este fenómeno, ya que al variar las condiciones climáticas, la mayoría de las especies tendrían que optar por movilizarse hacia otras zonas donde pudieran encontrar las condiciones a las que se han adaptado por millones de años. Si la temperatura (factor determinante para establecer la biogeografía de las especies) tendiera a aumentar, entonces las especies migrarían a altitudes y latitudes mayores, donde cada vez más las condiciones se asemejarían a las de sus hábitats originales. Existen muchos casos documentados en que diversas especies empiezan a aparecer en regiones donde nunca se les había visto, y obligan a otras especies a desplazarse de la misma forma. El proceso podría seguir si no fuera porque existen barreras que limitan esta posibilidad de emigrar: la altura de las montañas

y los ecosistemas que se encuentran aislados y rodeados por sistemas humanos, en los que muchas especies no podrían sobrevivir. Llegará el momento en que algunas especies ya no tengan ningún lugar donde emigrar, por lo que desaparecerán de la faz de la Tierra.

Para facilitar esta emigración forzada resulta de gran ayuda el establecimiento de corredores biológicos. Éstos son conexiones entre áreas protegidas que contrarrestan la fragmentación de los hábitats. Actualmente son vistos como una herramienta novedosa para promover la conservación de la naturaleza (*Tierramérica* 15-10-04). En este sentido, unir todos los ecosistemas continentales para que las especies desplazadas tuvieran una ruta de escape podría constituir una alternativa, sin embargo, es más un paliativo que una solución, ya que muchas especies deben viajar al norte o al sur en busca de su nuevo hábitat. Con la creación de corredores biológicos estamos posibilitando además la emigración de especies o poblaciones que han sido aisladas por el ser humano. Es importante recordar que algunas especies han sido favorecidas por las actividades humanas. El coyote, por ejemplo, se ha beneficiado de las labores de crianza de animales domésticos, de los cuales también se alimenta, y de la creación de puentes artificiales sobre las barreras naturales.

Toda esta problemática nos lleva a plantearnos si la constante pérdida de biodiversidad está siendo llevada a tal extremo que se esté constituyendo en la sexta gran extinción masiva de especies. La última se dio a finales del período Jurásico —hace 65 millones de años— y vino a marcar el fin de la era de los grandes reptiles, para dar paso a la era de los mamíferos. La diferencia de la actual extinción masiva con las anteriores —de las cuales se conocen cerca de veinte, cinco de gran envergadura— es que éstas han estado asociadas a grandes catástrofes naturales, tales como impactos de meteoritos o períodos de intensa actividad tectónico-vulcanológica. Éste sería el principio del que parte la teoría evolutiva más aceptada entre la comunidad científica, llamada de equilibrio puntuado, que adversa a la anteriormente mencionada teoría del evolucionismo gradual. Es impulsada principalmente por un grupo de paleontólogos, quienes sugieren que el registro fósil en nada respalda ese cambio mínimo y acumulativo que sugieren los gradualis-

tas. Lo que ellos observan una vez que descubren una especie es más bien una constancia y, prácticamente, una inmutación de dicha especie a lo largo de su período de vida, es decir, una especie es la misma desde que nace hasta que desaparece, por lo tanto ellos plantean que el surgimiento de una nueva especie se da como producto de un hecho abrupto, que pone punto final al equilibrio establecido. Al darse la desaparición masiva de especies aumenta el número de vacantes en los hábitats y nichos, por lo que es la ocasión propicia para que se dispare el proceso de especiación. Nuevas especies surgen en un abrir y cerrar de ojos, para llenar los nichos vacantes, hasta que los ecosistemas alcanzan nuevamente su equilibrio.

¿Será eso lo que estamos observando? ¿Estaremos presenciando esa sexta extinción masiva de especies? Si éste es el caso, ¿cuáles especies se verán más perjudicadas? ¿La posibilidad de emigrar será entonces una ventaja para las especies?, y por su parte, ¿la adaptación a migrar una desventaja?

En la naturaleza se ha observado que efectivamente las especies que tienen mayor posibilidad de desplazarse de un lugar a otro, y de adaptarse a un nuevo medio, se ven favorecidas en su lucha por la supervivencia contra aquéllas adaptadas a vivir en un único ecosistema, por lo cual, en el momento en que ese ecosistema ya no les sea favorable, será inminente su extinción. Solamente el futuro nos dirá cuáles especies o cuáles procesos migratorios desaparecerán, producto de toda esta vorágine que ha causado el ser humano. Mientras tanto, no debemos cruzarnos de brazos, de nosotros depende poder mitigar la devastación que hemos provocado.

## Referencias bibliográficas

- Enkerlin, Ernesto *et al.* 1997. *Ciencia ambiental y desarrollo sostenible*. International Thomson Editores. México.
- León, Alejandra. 2004. *La gran migración de aves en el mes de octubre*. Fundación Cientec. <http://www.cientec.or.cr/aves/principales.html>.
- Maier, Richard. 2001. *Comportamiento animal: un enfoque evolutivo y ecológico*. McGraw-Hill / Interamericana de España S.S.U. Madrid.
- Montaigne, Fen. "Marcas geológicas", en *National Geographic* (en español), septiembre de 2004.
- Tierramérica*. "Corredores biológicos", en <http://www.tierramerica.net/2002/0804/conectate.shtml>, 15-10-04.