

3. Principales cambios inducidos por el clima

En diferente medida, los ecosistemas están expuestos a los efectos del clima cambiante. Aunque los impactos del cambio climático pueden ser difíciles de detectar, pues a menudo se combinan con los efectos de otras actividades, como los cambios en el uso de la tierra, el reporte “La perspectiva mundial sobre la biodiversidad biológica” más reciente (Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica 2010) identifica el cambio climático como uno de los principales factores responsables por la pérdida actual de biodiversidad. Algunos aspectos de la pérdida de biodiversidad debido a, por ejemplo, la deforestación y la desecación de pantanos, potenciarán aun más el cambio climático al liberar carbono almacenado durante siglos.

El cambio climático afecta a los diferentes ecosistemas de manera también diferente, dependiendo de la complejidad y características originales del sistema, de la ubicación geográfica y de la presencia de factores que puedan regular la magnitud de los cambios. Se cree que los ecosistemas degradados son menos resilientes al cambio climático que los ecosistemas intactos y saludables. Los incrementos registrados en la temperatura media anual ya están afectando a muchos ecosistemas; de hecho, ya se cuenta con estudios científicos que predicen cambios futuros de mayor amplitud. Los mayores índices de calentamiento se han presentado en latitudes altas –en la península Antártica y en el Ártico donde se registra una reducción constante en la extensión, edad y espesor del hielo, a una velocidad sin precedentes y que excede las predicciones científicas más recientes (Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica 2010).

El incremento de la temperatura afecta a los sistemas físicos, de forma tal que se derriten los hielos, se reducen los mantos de nieve e influye en los sistemas biológicos a través de una serie de presiones directas e indirectas. Los sistemas físicos incluyen las nieves eternas, los glaciares y el permafrost. El aumento de la temperatura puede provocar un desbalance dramático del sistema físico que causaría pérdidas irreversibles. El ciclo del agua y los sistemas hidrológicos también son afectados por las temperaturas cambiantes; efectos que a menudo se evidencian en los ríos que se secan o en las inundaciones causadas por el incremento de la escorrentía. En áreas semidesérticas, la disponibilidad de agua cada vez menor ya está afectando a la fauna silvestre, que empieza a competir con los animales domésticos por el recurso en puntos cada vez más escasos (de Leew *et al.* 2001). La reducción en la productividad de las plantas como consecuencia de la menor cantidad de lluvias aumenta la probabilidad de una degradación del suelo debido al sobrepastoreo de los animales silvestres y domésticos. Muchas especies de agua dulce están bajo seria amenaza de

extinción debido al aumento de la temperatura y a la desaparición de estanques y lagunas costeras (Willems, Guadagno e Ikkala, 2010).

La pérdida de hielos y nieves en áreas montañosas está ocurriendo a una velocidad alarmante. Esos procesos afectan severamente los ecosistemas de montaña, particularmente susceptibles al incremento de la temperatura. La extensión de los mantos de nieve en el hemisferio norte ha disminuido alrededor de un 10 por ciento desde los fines de la década de 1960 e inicios de 1970 (Parry *et al.* 2007) y la vegetación se ha retraído a mayores alturas.

Los sistemas biológicos también están siendo afectados por los incrementos en las temperaturas lo cual provoca cambios en las condiciones biofísicas e influye en su desarrollo y mantenimiento. Los cambios en la disponibilidad de agua inciden en el florecimiento y supervivencia de especies de plantas acuáticas, así como en la abundancia de especies de fauna silvestre en las áreas afectadas. La variación en los cambios estacionales –que ya se están registrando en la mayoría de las regiones templadas afecta a los animales migratorios y al florecimiento de las plantas, con lo que se desestabiliza el equilibrio de ecosistemas distantes unos de otros. Un gran impacto ecológico potencial sucederá cuando una especie migratoria arribe en un momento en que las plantas o animales necesarios para su alimentación todavía no están disponibles (Vissier y Both, 2005).

La elevación del nivel del mar está afectando las áreas costeras pues causa erosión, pérdida de pantanos y modificaciones de la vegetación. Los ecosistemas marinos y costeros también son golpeados por tormentas que dañan los corales por la acción directa de las olas e, indirectamente, por la disminución de la luz debido a los sedimentos en suspensión y a la abrasión por sedimentos y corales rotos. Las altas temperaturas también provocan la expulsión de zooxanthellae (plantas unicelulares que viven en las células de los pólipos de coral), lo que provoca el blanqueamiento del coral y ya ha causado la pérdida del 16 por ciento de los corales del mundo (Wilkinson, 2004). Más de un tercio de los corales están bajo amenaza de extinción debido al cambio climático (Carpenter *et al.* 2008). En una reacción en cadena, la muerte de corales causa la pérdida de hábitat de muchas especies de peces tropicales. Muchos estudios reportan cambios en las poblaciones, reclutamiento, interacciones tróficas y patrones migratorios de los peces debido a los cambios ambientales regionales causados por las condiciones climáticas cambiantes (p.ej., Edwards y Richardson, 2004; Hays, Richardson y Robinson, 2005).

Las variaciones en el clima no solo causan modificaciones en los ecosistemas. También se relacionan con la mayor frecuencia de eventos climáticos extremos que tienen un potencial de destrucción de la infraestructura y de causar la pérdida de vidas. Los eventos climáticos asociados con desastres naturales repentinos incluyen inundaciones extremas por ríos, intensas tormentas tropicales y extra-tropicales, marejadas costeras y fuertes tormentas eléctricas. El IPCC advierte que *“la mayor intensidad y variabilidad de la precipitación muy probablemente aumentará los riesgos de inundaciones y sequías en muchas partes”* (Bates *et al.* 2008). Según el IPCC, los futuros ciclones y huracanes tropicales serán de mayor intensidad, con picos de vientos de mayor velocidad y mayores precipitaciones (Parry *et al.*

2007). Los eventos climáticos extremos por lo general son escasos, con periodos de retorno de 10 a 20 años. La relación entre estos eventos y el cambio climático no es fácil de establecer, dado que solo se tienen registros de incrementos significativos de temperaturas a partir de la década de 1970. En consecuencia, el número de eventos todavía no es estadísticamente válido como para establecer correlaciones; no obstante, los nexos son ya reconocidos por los especialistas (p.ej., Helmer y Hilhorst, 2006).

Las condiciones ambientales cambiantes facilitan el establecimiento de especies introducidas que se podrían volver invasoras y dejar por fuera de competencia a las especies nativas, con lo que completos ecosistemas serían modificados (Chown *et al.* 2007; McGeoch *et al.* 2010). Por ejemplo, en el desierto de Mojave, Estados Unidos, se han medido especies invasoras que crecen más rápidamente que las nativas debido al cambio de las condiciones climáticas (Smith *et al.* 2000). La globalización de los mercados y el desplazamiento de la gente y mercaderías han aumentado el movimiento de especies a escala local, regional y continental. Algunas especies han aumentado su rango a medida que la temperatura se vuelve más cálida. A la vez, una temperatura más caliente significa mayores oportunidades para los patógenos, vectores y huéspedes que se expanden a nuevas regiones geográficas y, eventualmente, infectan nuevos huéspedes indefensos, generando una mayor morbilidad y mortalidad de la fauna, de los animales domésticos y de los seres humanos. Enfermedades que se mantenían con bajos niveles de infección debido a restricciones de temperatura se han vuelto fatales y endémicas.

En la siguiente sección se analizan los principales impactos del cambio climático en los ecosistemas y en la fauna, a partir de estudios científicos.

3.1 ALTERACIONES Y EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS

La frecuencia y la severidad de los eventos climáticos extremos va en incremento, lo que dificulta la planificación para enfrentarlos. Los registros del pasado se han usado para predecir la probabilidad de futuras sequías, inundaciones, huracanes y marejadas; sin embargo, este enfoque es cada vez menos confiable a medida que cambian los patrones de precipitación a escala local, regional y mundial. Además, la escasez de tierras está forzando a las comunidades humanas a vivir en sitios menos estables, lo que aumenta el riesgo de desastres causados por terremotos o eventos climáticos extremos. En la actualidad, la mitad de la población humana está expuesta a riesgos que pueden convertirse en desastres (Dilley *et al.* 2005).

Lo impredecible de los fenómenos hace que la planificación para enfrentar el cambio climático sea un desafío enorme. Es claro que los eventos climáticos extremos no solo impactan directamente a la vida silvestre y a las comunidades humanas, sino que también dificultan la capacidad de supervivencia de la gente –sin hablar de la protección a las especies y hábitats amenazados o en peligro. A medida que se acortan los intervalos entre eventos extremos, hay menos tiempo para la recuperación de las condiciones normales antes de que un nuevo evento golpee.

En la cuenca del Amazonas, por ejemplo, históricamente se han producido sequías severas una o dos veces por siglo; sin embargo, en el 2010, la región

ADRIANA CÁCERES CALLEJA



Una gacela de Thomson (Eudorcas thomsonii) enfrenta una tormenta de polvo en el Parque Nacional Amboseli.

RECUADRO 1

Los ciclones amenazan la supervivencia del casuario

Los bosques húmedos tropicales de Mission Beach en Queensland, Australia, fueron devastados por los ciclones Larry y Yasi en marzo del 2006 y febrero del 2011, respectivamente. Al destruir su hábitat y las principales fuentes de alimentación, los ciclones afectaron seriamente las poblaciones remanentes del casuario (*Casuarus casuarus*), una especie ya en peligro de extinción. Dicha especie es una ave que no vuela –la tercera entre las grandes aves, después del avestruz y el emú y una importante dispersora de semillas de los árboles del bosque húmedo. Con frecuencia, las semillas son muy grandes y solo el casuario las puede tragar y dispersar. Además, las semillas de muchos frutales no germinan a menos que hayan pasado por el tracto digestivo. Se calcula que quedan entre mil y dos mil casuarios en el norte de Queensland; 200 de ellos en Mission Beach (Rainforest Rescue, 2011; Maynard, 2011). En circunstancias normales, la pérdida de hábitats y la fragmentación son las principales causas de la reducción de las poblaciones (Kofron y Chapman, 2006).

Los fuertes ciclones arrancaron los frutos de los árboles –el principal alimento del casuario, los cuales cayeron al suelo y se pudrieron. Una vez que habían comido los frutos restantes, los casuarios empezaron a emigrar en busca de alimento en especial los jóvenes que no podían competir con los adultos. Al acercarse a áreas suburbanas y enclaves turísticos, muchos murieron de hambre, atropellados y atacados por perros (Rainforest Rescue, 2011; Maynard, 2011).

Después del ciclón Yasi, Rainforest Rescue, una ONG local que trabaja con el Servicio de Parques y Vida Silvestre de Queensland, empezó a alimentar a las poblaciones de casuarios en varias estaciones, lo que les permitió sobrevivir hasta que el bosque se recuperara y produjera nuevas cosechas de frutos. Cada vez es más frecuente ver a la gente alimentando a los casuarios, pero los conservacionistas no lo recomiendan porque se cambian los hábitos de estas aves silvestres, que se vuelven agresivas y peligrosas para los humanos (Rainforest Rescue, 2011; Maynard, 2011).

RECUADRO 2 Agua para elefantes en épocas de sequía

En el Sahel de Gourma, Malí, quedan unos 350 elefantes (*Loxodonta africana*), de los 550 que había hace no más de 40 años (Bouché *et al.* 2009). Su espacio se ha reducido considerablemente debido al cambio climático y a la degradación del hábitat por la ganadería.

Estos son los elefantes que se encuentran más al norte en África y, a la vez, son los más peripatéticos pues emigran en una ruta circular en busca de agua. Durante la estación seca, los elefantes se congregan en lagos estacionales en el norte, especialmente el lago Banzena. Dichos lagos se han ido reduciendo debido a la erosión hídrica y eólica, acentuada por la deforestación; y además el acceso a ellos es dificultado por la agricultura y la ganadería (Bouché *et al.* 2009; Barnes, Héma y Dombia, 2006)

En los últimos 27 años, la región ha sufrido cuatro graves sequías que han amenazado la supervivencia de los elefantes. Cada vez, el gobierno, junto con las ONG, ha implementado acciones para abastecer de agua a la especie. La sequía de 1983 secó completamente el lago Banzena, por lo que el gobierno envió tanques de agua para salvar las poblaciones. La sequía del 2000 fue parcial; entonces, se perforaron dos pozos profundos equipados con bombas que extrajeron agua para dar a los elefantes (Wall, 2009).

En el 2009 ocurrió la peor sequía desde 1983; de nuevo se secó el lago Banzena y solo quedaron 30 cm de agua cenagosa. Con la desaparición de su principal fuente de agua, los elefantes empezaron a padecer: seis de ellos murieron de causas relacionadas con la sequía (estrés calórico, hambre y aguas contaminadas) y tres crías perecieron al quedar atrapadas en un pozo. Se encontraron machos hincados en el borde de pequeños pozos, tratando de alcanzar el agua con su trompa; los más jóvenes, con trompas más cortas, no lograban alcanzar el nivel del agua y sufrieron más con la sequía (Douglas-Hamilton y Wall, 2009; Loose, 2009a).

Los dos pozos perforados fueron aprovechados por los pastores y el ganado; los elefantes solo tenían acceso por la noche. Con el fin de abastecer de agua al ganado y a los elefantes, la organización sin fines de lucro 'Save the Elephants' construyó un depósito de concreto, el cual era administrado por entes del gobierno (Douglas-Hamilton y Wall, 2009). Dicho depósito artificial fue construido de tal manera que el agua no se enlodara y con una capacidad para abastecer a cien elefantes al día (Wall, 2009); además, podía ser usado de manera permanente durante la estación seca (Loose, 2009a).

La sequía del año siguiente de nuevo puso en aprietos a los elefantes del desierto. Veintiún elefantes murieron en dos semanas. Con 50.000 cabezas de ganado concentradas alrededor del lago Banzena, la competencia por el agua era fuerte. Las sequías son una consecuencia del cambio climático que provoca la desecación del Sahel (Barnes, Héma y Dombia, 2006). En respuesta, se planea crear puestos de agua a lo largo de las rutas de migración y en áreas de conservación, además, profundizar los estanques existentes y perforar nuevos pozos con bombas solares para la extracción del agua. En la actualidad, el lago Banzena ha sido reservado exclusivamente para los elefantes (Banco Mundial 2010).

experimentó una tercera sequía en tan solo 12 años (Sundt, 2010; University College London, 2011). La sequía del 2010 abarcó un área más grande y fue más severa que la del 2005, la cual ya había sido considerada como un evento único en el siglo (Lewis *et al.* 2011). Las áreas mayormente afectadas, como el estado brasileño de Mato Grosso, recibieron solo el 25 por ciento de la precipitación normal entre julio y septiembre del 2010 y la mayor parte de la Amazonia sufrió una reducción significativa de lluvias. El caudal de los ríos alcanzó niveles mínimos récord que impactaron a todos los usuarios de ellos, desde las embarcaciones hasta los delfines rosados (*Inia geoffrensis*). En agosto, el Gobierno Boliviano declaró estado de emergencia a causa de los incendios descontrolados. Da la impresión de que el bosque amazónico ha alcanzado, o está a punto de alcanzar, un “punto de inflexión” del cual no se recuperará.

Aunque la percepción popular identifica el cambio climático con el calentamiento global, el fenómeno bien podría llamarse más precisamente “problemas mundiales del agua”. El manejo del agua para las actividades humanas tiene impactos frecuentes en la fauna silvestre y en los hábitats naturales, ya sea al inundar valles cuando se construyen represas, o al bajar el nivel del río o de cuerpos de agua cuando se extrae el líquido para abastecer a las ciudades o para la agricultura en gran escala. Los eventos climáticos extremos pueden exacerbar estos problemas y generar otros nuevos. “*Cuando los líderes del mundo hablan del clima, invariablemente hablan del agua –de inundaciones, sequías y cosechas perdidas y se alarman. Y tienen razón, porque el cambio climático tiene que ver principalmente con el agua*”. Este fue el mensaje del Global Water Partnership (GWP, 2010) ante la 16 Conferencia de las Partes de la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el cambio climático en Cancún, México. El GWP solicitó a las 193 partes integrar el manejo sostenible de los recursos hídricos y el manejo del riesgo de desastres a la respuesta global al cambio climático.

La reducción de la precipitación no solo pone a las plantas y a los animales bajo estrés, sino que además incrementa el riesgo de los incendios forestales. A nivel global, más de 350 millones de hectáreas son afectadas cada año por incendios; de ellas, entre 150 y 250 millones de hectáreas son bosques tropicales (Appiah, 2007; UNEP, FAO y UNFF, 2009). Muchos de estos fuegos nacen de la quema deliberada para limpiar los terrenos o mejorar los pastos, y las condiciones de sequedad aumentan la probabilidad de que tales fuegos se salgan de control. La FAO recomienda dos enfoques para el manejo de incendios. El primero busca establecer políticas balanceadas para la supresión del fuego, así como la prevención, preparación y restauración. El segundo es un enfoque participativo basado en las comunidades, el cual considera a todos los actores incluyendo a los de nivel de campo (FAO y FireFight South East Asia, 2002). Se piensa que estos enfoques deben formar parte de un marco mayor de manejo de los recursos naturales y del paisaje. Las sequías aumentan dramáticamente el grado de deterioro de los suelos áridos y de la vegetación de desierto, con lo que aumenta la desertificación, la erosión del suelo, las tormentas de polvo y los impactos en la fauna que vive en esos ecosistemas (Omar y Roy, 2010).



JAKE WALL

Elefantes (Loxodonta africana) esperando para tomar agua durante una sequía.

De igual modo, los eventos extremos de precipitación también afectan la fauna silvestre. Las recientes inundaciones en Queensland, Australia no solo causaron daño a la población humana sino que, además, cientos de murciélagos huérfanos fueron rescatados, y se piensa que hubo grandes pérdidas de pequeños macrópodos, especialmente ualabís, bandicuts y ratas y ratones silvestres.

3.2 CAMBIOS EN LOS ECOSISTEMAS Y EN EL PAISAJE

Los cambios en la temperatura y la precipitación afectarán tanto a los individuos como a las especies, los ecosistemas y las regiones enteras. La variación individual y diferencias topográficas significan que, dentro de cualquier especie, una planta o animal individual puede estar genéticamente predispuesto para soportar el estrés de la deshidratación, vientos fuertes o inundaciones por más tiempo que otros. Entonces, a nivel de microhábitat, cualquier lugar pequeño puede sufrir cambios en la composición de especies, los cuales tendrán ramificaciones hacia arriba y hacia abajo de los niveles tróficos y a través de toda la red alimentaria, lo que en última instancia cambiará las comunidades ecológicas a nivel de paisaje. La predicción de consecuencias para los humanos y otras especies es esencial si se quiere tomar medidas a tiempo, ya sea para prevenir esos cambios o para adaptarse a ellos.

3.2.1 Costas

Los pantanos costeros están entre los ecosistemas naturales más productivos (Day *et al.* 1989), por ello, los impactos del cambio climático serán extremadamente importantes en las regiones costeras y se extenderán bastante lejos. Además de los efectos del incremento de las temperaturas y de los cambios en los patrones de la precipitación, las plantas y animales en los hábitats costeros enfrentan otra amenaza del cambio climático: la elevación del nivel del mar. Esta se debe a una combinación del derretimiento de los casquetes polares, mantos de hielo y glaciares con la expansión térmica –el agua caliente ocupa mayor volumen que el agua fría-. El IPCC asegura que en el próximo siglo, el nivel medio del mar se elevará entre 0,18–0,59 m, en comparación con los niveles de 1980–1999 (Parry *et al.* 2007). Otros modelos climáticos van aun más lejos, con estimados de 0,5–1,4 m –una elevación que inundaría muchas zonas bajas. Las poblaciones humanas y la presión del desarrollo probablemente impedirán a los hábitats costeros la posibilidad de moverse tierras adentro, lo que causará una pérdida neta de hábitat.

Tales cambios tendrán impactos inmediatos en muchas especies silvestres (p.ej., Michener *et al.* 1997). Las poblaciones de tortugas marinas se verán afectadas al inundarse sus playas de anidamiento. Según Fischlin *et al.* (2007), una elevación de 0,5 m en el nivel del mar causará la pérdida del 32 por ciento de los sitios de anidamiento de las tortugas marinas. Las marismas afectadas por la marea, zonas costeras bajas y áreas intermareales podrían quedar aisladas, lo que afectaría los comederos de muchas especies de aves, como patos, gansos, cisnes y aves zancudas. Si se reduce su capacidad de alimentarse, podría ser que las aves migratorias no logran almacenar las energías suficientes que les permitan su migración anual a los sitios de anidamiento (Galbraith *et al.* 2002). Los bosques costeros y pantanos sufrirán una mayor salinización a medida que las grandes marejadas y tormentas lleven agua de mar tierras adentro, lo que causará la muerte de plantas intolerantes al agua salobre y, en consecuencia, de los animales que dependen de ellas. La salinización no solo afectará a la biodiversidad costera sino también los procesos ecológicos y la productividad primaria y secundaria –con probables impactos adversos en las comunidades locales que dependen de la pesca o la agricultura.

Se han desarrollado modelos de ubicación específica de las inundaciones costeras y se ha encontrado que siguen los patrones de inundación ya conocidos. Sin embargo, la construcción de esos modelos tenía como objetivo minimizar la pérdida de vidas humanas en las comunidades costeras (p.ej., Dube *et al.* 2000, para las costas de Andhra y Orissa en India). Hay necesidad de una investigación más detallada de los efectos probables de las inundaciones sobre los sistemas naturales, con el fin de tomar medidas que mitiguen los cambios producidos .

Se podría pensar que los manglares están pre adaptados a las inundaciones, ya que se desarrollan en zonas costeras bajo el nivel de la marea, donde sus raíces zancudas están sumergidas en agua salina de manera permanente. Sin embargo, el mangle no resiste la inmersión permanente; si el nivel del mar se eleva, los manglares mueren, como ya ha sucedido en varios lugares (p.ej., Ellison, 1993). La FAO estima que en el mundo hay 15,2 millones ha de manglares, principalmente

RECUADRO 3

El cambio climático provoca un incremento en los ataques de tigres en Sundarbarns

Sundarbarns, en el delta del Ganges, es un sitio decretado por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco) como Patrimonio de la Humanidad. Este es uno de los hábitats de manglares remanentes más grandes del mundo. En su área habita la mayor población de tigres de bengala (*Panthera tigris tigris*), que fue estimada en más de 500 tigres en 1960. Sin embargo, a inicios del siglo XXI se contabilizaban 350 en toda la región del Gran Mekong y actualmente se estima que quedan entre 150-200 tigres en toda el área. Esta disminución se debe, más que todo, a la pérdida de hábitat y a la cacería ilegal (New Scientist, 2008).

Sundarbarns es el ecosistema de manglares naturales de bajura más grande del mundo, y cubre más de 10 000 km². La elevación del nivel del mar registrada en los últimos 40 años es responsable por la pérdida del 28 por ciento de los manglares. La modelación sugiere que el 96 por ciento del hábitat del tigre en Sundarbarns se podría perder en los próximos 50-90 años (Loucks *et al.* 2010). Los manglares son un elemento fundamental en la reducción de los impactos de las marejadas que, en Bangladesh, son de las más altas del mundo (Nicholls, 2006).

La reducción constante del hábitat ha hecho que la fauna, particularmente los mamíferos pequeños y medianos de los cuales se alimenta el tigre, empiece a emigrar a otras áreas. En consecuencia, las poblaciones de fauna que habitan en los ecosistemas de manglares se han reducido drásticamente. Los tigres han seguido el movimiento de sus presas, con lo que cada vez se acercan más frecuentemente a las aldeas, con resultados fatales para los habitantes. Al mismo tiempo, la pérdida de fauna deja a las comunidades pesqueras locales sin su principal fuente de ingresos. Los pobladores locales viven de la pesca y de los productos no maderables del bosque como la miel; entonces, en busca de sus medios de vida tienen que entrar a las zonas restringidas, con lo que se incrementan los contactos peligrosos con los tigres (New Scientist, 2008).

Los registros de ataques de tigres a los humanos en Sundarbarns se remontan al siglo XVI, con la llegada de los primeros jesuitas a Bengala. En la actualidad, accidentes con consecuencias fatales para los humanos ocurren con mucha frecuencia, aunque no se tiene una base de datos con esa información. Sundarbarns es un área protegida con acceso restringido a muchas de las islas. Buena parte de los ataques de tigres los sufren personas que ingresan ilegalmente, por lo que no reportan el ataque a las autoridades. Se calcula que solo el 10 por ciento de los ataques sufridos entre el 2003 y 2005 fueron reportados, y que el 90 por ciento de las víctimas habían entrado ilegalmente al Sundarbarns de Bangladesh. Neumann-Denzau y Denzau (2010) extrapolaron a 168 el número total de víctimas durante ese periodo.

El número de humanos matados por tigres es cada vez mayor medida que se reduce su hábitat natural. Como resultado, los tigres sufren cada vez más la presión de los cazadores furtivos y de los pobladores, por la amenaza que significan para la vida humana. Es de esperar entonces que la población de tigres en Sundarbarns siga disminuyendo constantemente (Neumann-Denzau y Denzau, 2010).

en los trópicos, aunque también en unos pocos lugares templados (FAO, 2007). Sin embargo, los manglares han sido seriamente afectados por actividades de desarrollo no sostenible; particularmente, por proyectos de acuicultura. En este momento, queda menos de la mitad del área original (Valiela, Bowen y York, 2001). Sus áreas de distribución tienden a moverse hacia zonas templadas a medida que sube la temperatura mundial y el nivel del mar. Hay evidencia geológica y contemporánea que demuestra que los manglares se han expandido y contraído rápidamente en el pasado, por lo que se podrían considerar como un indicador temprano de los efectos del cambio climático (Field, 1995).

3.2.2 Montañas

Los ecosistemas montañosos cubren cerca del 24 por ciento de la superficie de la tierra. Con su topografía escarpada y variada en distintas zonas altitudinales, albergan una gran variedad de especies y hábitats y un alto grado de endemismo. Las montañas también ofrecen recursos esenciales a las comunidades humanas, tanto a nivel local como fuera de él. Sin embargo, estos ecosistemas son particularmente sensibles a los cambios de temperatura y precipitación debido a su naturaleza geográfica y orográfica. El cambio climático está exponiendo a las áreas alpinas y subalpinas a mayores temperaturas, con el probable resultado de una lenta migración de los ecosistemas hacia mayores elevaciones. Sin embargo, este no es siempre el caso: en el monte Kilimanjaro la situación es lo contrario. Los incendios provocados por los problemas climáticos han hecho que el límite superior de la vegetación tienda a bajar, con la consecuente reducción de importantes hábitats de bosques nubosos (Hemp, 2009).



ADRIANA CÁCERES CALLEJA

La reducción de los glaciares del monte Kilimanjaro hace que cada vez haya menos agua en las sabanas de los alrededores.

Las plantas alpinas, por lo general de larga vida y crecimiento lento, pueden tener problemas para adaptarse a un ambiente climático que cambia rápidamente. Muchas plantas necesitarán mucho tiempo para responder a los cambios climáticos (Pauli, Gottfried y Grabherr, 2003); por ello, el monitoreo de tales cambios se debe plantear como un objetivo a largo plazo. La migración esperada hará que se desintegren los patrones actuales de vegetación, lo que impactará seriamente en la estabilidad de los ecosistemas alpinos creando, por ejemplo, zonas de transición poco estables con conductas poco predecibles (Gottfried *et al.* 1999).

Los ecosistemas de montaña a menudo se encuentran en áreas pequeñas y aisladas, rodeados por sitios con regímenes de temperaturas más altas y suelos fértiles que pueden ser usados para la agricultura. Como resultado, las especies tratarán de adaptarse a las condiciones cambiantes dentro del ecosistema. Al emigrar hacia arriba, las plantas y animales se encontrarán con áreas más reducidas y, en algunos casos, sin condiciones de hábitat apropiadas. Las especies alpinas adaptadas al frío sufren de estrés al calentarse el clima y, además, deben competir con las especies de elevaciones más bajas que extienden sus dominios hacia mayores altitudes. Es de esperar que la extinción de especies sea mayor en áreas montañosas. Entre las especies de montaña en alto riesgo de extinción están la zarigüeya pigmea (*Burrhamys pardus*) en Australia, la perdiz blanca (*Lagopus muta*) y el verderón de nieve (*Plectrophenax nivalis*) en el Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte, la marmota (*Marmota spp.*) y la pica americana (*Ochotona spp.*) en Estados Unidos de América, el gelada (*Theropithecus gelada*) en Etiopía (ver Recuadro 4) y la mariposa monarca (*Danaus plexippus*) en México (Malcolm y Markham, 2000).

RECUADRO 4

El cambio climático afecta a los geladas en las tierras altas montañosas

El gelada (*Theropithecus gelada*) es un primate africano de tamaño medio que habita en las tierras altas de Etiopía, y que ha desarrollado adaptaciones anatómicas para vivir en el suelo. Su dieta depende básicamente de los pastos (granívoro), ya que se alimenta de los granos que producen los pastos de montaña, los cuales tienen un valor nutricional particularmente alto. Por ello, el área actual de distribución del gelada se restringe a sitios con características bioclimáticas que permiten el desarrollo de pasturas de montaña. En las condiciones actuales, el gelada se encuentra en un rango altitudinal que varía entre 1 700 y 4 200 m (Dunbar, 2008).

Estudios anteriores buscaron explicar las causas de extinción de especies hermanas durante el Pleistoceno. Se encontró que el principal factor restrictivo fue la migración hacia arriba de las especies de gramíneas necesarias para su dieta debido al incremento de la temperatura. Esto sugiere que lo mismo les podría suceder a las poblaciones actuales de geladas (Dunbar 2008).

El incremento de la temperatura local probablemente empujará hacia arriba a los geladas, en busca de condiciones más apropiadas, con lo que su hábitat se reducirá a espacios fragmentados y limitados. La expansión agrícola a mayores altitudes será posible gracias a las temperaturas más altas; esto provocará una mayor fragmentación

Continúa

Recuadro 4 continuación

del hábitat que confinará a los geladas a parches aislados (Dunbar, 2008).

Un estudio de la conducta de los geladas en las tierras altas de Etiopía evaluó los efectos potenciales del cambio climático en la especie (Dunbar, 2008). La ecología de la especie es particularmente sensible a la temperatura del ambiente debido a su efecto en el contenido de nutrientes de los pastos de su dieta base: estos pastos requieren una temperatura específica para alcanzar su máximo valor nutricional.

La conducta de los geladas también es susceptible a los cambios en el clima. Para que el gelada logre sobrevivir en un hábitat apropiado, entre sus actividades hay patrones de conducta social que le permiten crear nexos con grupos de congéneres para alimentarse y descansar. El descanso incluye el tiempo necesario para la termorregulación cuando la temperatura es demasiado alta, de manera que se eviten las sobrecargas de calor. En los primates, hay una relación entre el tamaño del grupo y el tiempo necesario para la socialización; por eso, el tamaño del grupo es limitado. Al incrementarse la temperatura ambiente, aumenta también el tiempo necesario para la termorregulación y, entonces, se reduce significativamente el tiempo para la socialización, con lo que se debilitan los vínculos del grupo (Dunbar, 2008).

Las temperaturas más altas implican más lluvia que nieve, con lo que aumenta el riesgo de inundaciones y avalanchas en los ecosistemas aguas abajo. Los cambios en permafrost e hidrología ya han sido ampliamente registrados en Alaska (Hinzman *et al.* 2005), por ejemplo, la cantidad de nieve en todo el oeste de Norteamérica es cada vez menor y se derrite entre 1 y 4 semanas antes de lo que lo hacía 50 años atrás (Mote *et al.* 2005; Westerling *et al.* 2006). Las temperaturas más altas también inciden en el espesor de la capa de nieve y de los glaciares de montaña y en la



DAVE WATTS

El cambio climático podría afectar la cohesión social de los geladas (Theropithecus gelada).

RECUADRO 5

El gorila de montaña enfrenta nuevas amenazas a medida que su hábitat en las montañas Virunga cambia

El Área de Conservación Volcanes Virunga, en África Central comprende el hábitat de la población de gorilas de montaña (*Gorilla beringei beringei*) más grande, así como de otras especies endémicas de plantas y animales. Estos 'gorilas en la niebla' de la República Democrática del Congo, Ruanda y Uganda se hicieron famosos gracias al trabajo de la Dra. Dian Fossey, ya fallecida, y se han beneficiado de un esfuerzo ejemplar de conservación que incluye agencias de gobierno, ONG, comunidades locales y el sector privado. A pesar de las décadas de guerra civil, genocidio y crisis de refugiados en la región, las amenazas que por largo tiempo significaron la caza furtiva y la degradación del hábitat han sido casi completamente controladas. Gracias a la extraordinaria colaboración intersectorial y transfronteriza, el censo 2010 de gorilas en Virunga mostró una constante, aunque frágil, recuperación. En 1981 habían 242 gorilas (Harcourt *et al.* 1983) y, en la actualidad, 480; en los últimos siete años ha habido un aumento constante de 3,7 por ciento al año (Programa Internacional para la Conservación de Gorilas, 2010).

Estas son buenas noticias para los miles de personas empleadas por la industria turística del gorila. La supervivencia del hábitat del gorila es también una buena noticia para los millones de campesinos en la región, cuyos cultivos reciben el agua proveniente de las lluvias en las montañas. El Parque Nacional Volcanes de Ruanda, por ejemplo, ocupa solo el 0,5 por ciento del territorio del país, pero recibe cerca del 10 por ciento de las lluvias (Weber, 1979) que abastecen las tierras agrícolas más productivas y más densamente pobladas de África. El bosque también sirve como sumidero de carbono, tanto superficial en las arboledas de *Hagenia-Hypericum* como en los suelos y extensas turberas entre los volcanes y sobre el límite superior de vegetación. La venta de créditos de carbono podría contribuir al financiamiento de la conservación de este sitio Patrimonio de la Humanidad, a la vez que ayudaría a las comunidades cercanas a desarrollarse y a prosperar.

Todo esto, sin embargo, se ve amenazado por el cambio climático. Si los cambios pronosticados en temperatura y precipitación ocurren en África Central, Virunga enfrentará nuevas amenazas. Un incremento en la temperatura media haría que la vegetación se retrajera hacia arriba, con lo que se reduciría su extensión y cambiaría la distribución de muchas especies. Las especies afro-alpinas endémicas en las cumbres no tendrían literalmente dónde ir. Los volcanes forman un archipiélago de islas ecológicas que son tan vulnerables al cambio climático como las especies en las islas del océano que enfrentan elevaciones en el nivel de las aguas. Si no son capaces de adaptarse a las condiciones más calientes, las especies se extinguirán a menos que sean trasladadas con intervención humana.

Paradójicamente, el movimiento de la vegetación hacia arriba podría beneficiar al gorila de montaña al incrementarse levemente la distribución de las principales plantas que son su alimento. El frío a mayores altitudes es lo que limita la permanencia de los gorilas en estas áreas. Desafortunadamente, cualquier ganancia debido al incremento de la temperatura se contrarresta con la probable disminución de la precipitación y la extensión

Continúa

Recuadro 5 continuación

de las zonas de vegetación relevante. Si el bosque montano se seca, habrá que ver si sobreviven suficientes plantas de la dieta del gorila, y si el gorila será capaz de adaptarse. Entre más seco el bosque, más susceptible al fuego; si a esto agregamos el riesgo de que las turberas también se sequen, Virunga se convertiría en una fuente de carbono, dejando de ser el sumidero que actualmente es. La productividad agrícola disminuiría al reducirse la cantidad de lluvias y, entonces, se incrementaría la presión sobre los recursos del área de conservación.



IAN REDMOND

El cambio climático significa una amenaza adicional para el gorila de montaña y el pujante ecoturismo que depende de él.

variación de los deshielos estacionales, y afectan a grandes áreas montaña abajo que dependen de ellos como fuente de agua (ver Recuadro 10). Las inundaciones provocadas por los lagos glaciares pueden causar impactos dramáticos e inmediatos en los ecosistemas locales (Bajracharya, Mool y Shrestha, 2007). Las variaciones en la estacionalidad afectarán el momento en que el hielo y la nieve se derritan para dar paso al agua corriente, lo que a la vez afectará los procesos y actividades que dependen del agua montaña abajo, incluyendo la agricultura. Los cambios en las corrientes y caudales afectan a la microfauna que vive en ecosistemas acuáticos, y provocan un impacto en las especies de peces y aves acuáticas.

RECUADRO 6 Cambios en los ecosistemas del altiplano del Himalaya

La región de los Grandes Himalayas se conoce como “la torre asiática del agua”, ya que allí nacen diez de los ríos más grandes de Asia, incluyendo el Amarillo, el Irrawaddy, el Ganges, el Mekong y el Brahmaputra. Estas cuencas abastecen de agua a alrededor de 1 300 millones de personas que la utilizan para propósitos agrícolas e industriales. Los ríos son alimentados por los deshielos en glaciares y los mantos de hielo y nieve que cubre el 17 por ciento de la región del Himalaya. Muchos de esos glaciares se están reduciendo más rápidamente que el promedio mundial, con una tasa de recesión que se ha incrementado en los últimos años. Si el calentamiento continúa, los glaciares del altiplano tibetano probablemente pasarán de los 500 000 km² que cubrían en 1995 a 100 000 km² o menos en el 2035. Los deshielos aumentarán el caudal de los ríos y, en consecuencia, se incrementará la ocurrencia de inundaciones (Cruz et al. 2007; Kulkarni et al. 2007; Ye et al. 2008).

Como lo dijera el presidente de la Unión de Asociaciones Alpinas de Asia, Ang Tsering Sherpa, en la Conferencia regional sobre cambio climático Katmandú – Copenhague, en 1960 Nepal tenía más de 3 000 glaciares y ningún lago de altura. Hoy, *“casi todos los glaciares se están derritiendo y tenemos entre 2 000 y 3 000 lagos. El agua del glaciar se va acumulando hasta que llega el momento en que rompe la barrera de hielo o roca y provoca inundaciones repentinas que inundan rápidamente los alrededores con agua, rocas y sedimentos”* (da Costa, 2009).

La temperatura en la región está subiendo con una tasa de 0,9 °C al año, considerablemente más alto que el promedio mundial de 0,7 °C por década. Ya se han registrado cambios en el ecosistema himalayo debidos al aumento de la temperatura. Por ejemplo, ahora se necesitan mosquiteros en Lhasa, la capital administrativa de la Región Autónoma del Tíbet, en China. Los residentes de la ciudad, ubicada a 3 490 metros sobre el nivel del mar, aseguran que es la primera vez que ven mosquitos allí. También se ha reportado la presencia de moscas en el campamento base del Monte Everest en Nepal. La presencia de estos insectos sugiere la posibilidad de que se extiendan enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria y el dengue, a áreas donde el clima frío protegía anteriormente a la gente de estas amenazas. El cambio climático también tiene que ver con la aparición de pestes y enfermedades que afectan a las plantas, como el hongo del añublo del arroz (*Magnaporthe grisea*; Thinlay et al. 2000). En el valle de Mandakini, en el norte de la India, los científicos han encontrado bosques de roble invadidos por árboles de pino, entre 1 000 y 1 600 m, particularmente en la vertiente sur. Este fenómeno también se observa en muchos otros valles de la región. Muchas de las fuentes de agua, como los manantiales, se han secado al desaparecer los robles y adueñarse del terreno el pino invasor.

3.2.3 Bosques

El impacto del cambio climático en los bosques variará de una región a otra según la magnitud del cambio en las condiciones locales. Entre los efectos que ya se han reportado, están el incremento en los niveles de dióxido de carbono (CO²) atmosférico, que estimula el crecimiento y aumenta la tasa de secuestro de carbono

en los bosques donde hay suficiente lluvia (DeLucia et al 1999). Sin embargo, cualquier incremento potencial en el crecimiento es contrarrestado por los efectos negativos de las temperaturas más altas, de la mayor evaporación y de la menor cantidad de lluvia, con sequías más largas y frecuentes. En consecuencia, aumenta la mortalidad de los árboles, el riesgo de incendios forestales, los ataques de los insectos y cambia la composición de las especies (Eliasch, 2008). Desafortunadamente, los impactos negativos en los bosques serán probablemente mayores que cualquier efecto positivo; la quema y descomposición de la vegetación harán que los bosques dejen de ser sumideros de carbono para convertirse en emisores de CO² y, como resultado, aumentarán los niveles de gases con efecto invernadero y se exacerbarán el cambio climático y sus efectos (p.ej., Phillips *et al.* 2009). Inicialmente, esto será más evidente en los bosques más secos. En los bosques húmedos tropicales predominan los árboles perennifolios y condiciones de temperaturas constantes altas (promedio anual de 18 °C o más) y alta precipitación (más de 2 m al año) (Peel, Finlayson y McMahon, 2007; WWF, 2011); sin periodos secos prolongados (Whitmore, 1990). Los bosques secos tropicales reciben menos lluvia y albergan una variedad de especies muy diferente, incluyendo muchas especies deciduas que botan sus hojas durante la época seca. Los dos tipos de bosques tienen distribuciones muy diferentes. Por lo tanto, una reducción en la cantidad de lluvia no hará que un bosque tropical húmedo se convierta en un bosque tropical seco.

Cambios severos en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas forestales provocarán impactos igualmente serios en la fauna asociada; las especies especializadas probablemente se extinguirán a medida que desaparezcan ecosistemas particulares, o se “mudarán” a lugares geográficamente distantes. Los efectos proyectados del cambio climático en los primates, por ejemplo, son muy negativos. Esto, junto a otras amenazas antrópicas, han puesto al 48 por ciento de los taxones de primates en la Lista Roja de Especies Amenazadas (UICN/CSS Primate Specialist Group, 2008). Las especies endémicas con restricciones ecológicas estrictas serán seguramente las más afectadas.

El estudio de Lehmann, Korstjens y Dunbar (2010) sobre los impactos potenciales del cambio climático en los simios africanos obtuvo conclusiones que concordaban con las encontradas en el caso del gelada (Recuadro 4). Los gorilas (*Gorilla* spp.) y los chimpancés (*Pan* spp.) tienen patrones de actividades temporales que incluyen tiempo para mantener la cohesión social entre grupos de un tamaño dado. También necesitan tiempo para la termorregulación y evitar sobrecargas de calor (hipertermia) y/o para el proceso de digestión.

Ante los efectos de un clima cada vez más caluroso, los hábitats boscosos apropiados para los simios serán cada vez más reducidos, fragmentados y con mayores cambios en la composición de especies. En consecuencia, es probable que la dieta básica de los simios cambie a una mayor cantidad de follaje, que requiere de un periodo de reposo más largo para su procesamiento. Podría ser, entonces, que se reduzca el tiempo de socialización, con lo que las especies se volverán más vulnerables. Los efectos probables del incremento de la temperatura serán una reducción del tamaño de las comunidades de chimpancés hasta en un 30 por ciento.

RECUADRO 7

El ciclo de carbono en los bosques amazónicos se desbalancea debido a las sequías y a las altas temperaturas

El bosque lluvioso amazónico es de importancia mundial. Este es el hábitat de millones de especies, la mayoría endémicas y muchas todavía no descritas. La Amazonia tiene un área equivalente a la de los Estados Unidos, y los bosques cubren el 40 por ciento de Suramérica. El área alberga cerca del 20 por ciento del agua dulce del planeta y libera cerca del 20 por ciento del oxígeno. Por lo general, el oxígeno se libera por la fotosíntesis, como resultado de la asimilación del dióxido de carbono –dos mil millones de toneladas al año y el carbono se almacena en el tejido leñoso, principalmente. Esto hace que la Amazonia sea el sumidero de carbono más grande del mundo. En el 2005, la muerte masiva de árboles debido a la sequía liberó aproximadamente tres mil millones de toneladas de gases con efecto invernadero (Phillips *et al.* 2009).

Obviamente, los bosques amazónicos son un componente clave del ciclo mundial del carbono; sin embargo, no han sido bien estudiados. Cambios relativamente pequeños en la dinámica de los bosques podrían provocar cambios macroscópicos en el ciclo del carbono y en la concentración de CO² en la atmósfera. El bosque amazónico se caracteriza por fuertes lluvias, cobertura nubosa y transpiración constantes que generan una intensa humedad localizada. La degradación de la Amazonia debido a la tala y la agricultura ha venido afectando a los ecosistemas durante los últimos 50 años, aunque en el 2010 se detectó una disminución en la tasa de deforestación. La Evaluación Mundial de los Recursos Forestales (FAO, 2010a) determinó que la deforestación en los bosques tropicales en la primera década del 2000 había bajado en 18 por ciento con respecto al nivel de la década de 1990. Sin embargo, el incremento en las temperaturas y sequías significan nuevas amenazas para la Amazonia. En el 2005, la Amazonia sufrió una sequía particularmente severa que no fue causada por El Niño, como es frecuente en la región, sino por la elevación de la temperatura de la superficie del mar en el Atlántico Norte tropical, la cual afectó los dos tercios sur de la Amazonia y, especialmente en el suroeste, redujo la precipitación y aumentó la temperatura promedio (Phillips *et al.* 2010).

Un estudio a largo plazo que monitoreó parcelas de bosque a lo largo de la cuenca reportó los efectos de esta inusual sequía en el crecimiento del bosque (Phillips *et al.* 2009). La sequía afectó el incremento neto de la biomasa en las parcelas monitoreadas. Antes de la sequía del 2005, el 76 por ciento de las parcelas ganaban biomasa, pero durante el 2005 solo el 51 por ciento mostró incrementos. Las parcelas donde el déficit de humedad fue más severo mostraron claras pérdidas netas de biomasa. En las parcelas donde el déficit hídrico fue más largo y severo de lo normal, la tasa de acumulación de biomasa leñosa sobre el suelo se redujo en 2,39 toneladas/ha/año, mientras que en 15 parcelas que no fueron afectadas por la sequía, la ganancia en biomasa no se redujo. La mortalidad de árboles grandes fue relativamente más alta.

Los autores también registraron los tipos de árboles más afectados por la pérdida de biomasa: los árboles de madera liviana y crecimiento rápido son especialmente vulnerables a la formación de cavidades y falta de carbono. Esta vulnerabilidad

Continúa

Recuadro 7 continuación

ha provocado un cambio en la composición de especies que muy probablemente traerá consecuencias significativas para la biodiversidad de la región. Ya se están haciendo estudios para evaluar los impactos de la sequía en especies claves de la fauna. En la Reserva Nacional Pacaya-Samiria, Perú, la población de delfines rosados (*Inia geoffrensis*) se ha reducido en un 47 por ciento y la de delfines grises (*Sotalia fluviatilis*) en 49 por ciento. El Dr. Richard Bodmer, de DICE y WCS asegura que “los delfines han debido abandonar sus hábitats en el río Samiria para encontrar refugio en los canales amazónicos” (Earthwatch Institute, 2010). La disminución en el número de delfines se relaciona directamente con el tamaño de las poblaciones de peces, severamente afectadas por los bajos niveles de los ríos amazónicos.

Los esfuerzos para reducir la tasa de deforestación han tenido éxito en los últimos años, especialmente en Brasil, pero las emisiones provocadas por la sequía y los incendios forestales podrían generar un retroceso. Mediante el análisis de 16 diferentes modelos de predicción del cambio climático en el próximo siglo, Asner, Loarie y Heyder (2010) concluyen que el 37 por ciento de la Amazonia podría ser afectada por temperaturas más altas y modificaciones en los patrones de lluvias que forzarían a plantas y animales a adaptarse, emigrar o morir. Si se evalúan las actividades del desarrollo humano, como la tala y conversión de bosques a terrenos agrícolas, la proporción de plantas y animales afectados llegaría al 81 por ciento.

Análisis científicos de la sequía del 2005 indican que la producción primaria neta (cantidad de carbono atmosférico extraído de la atmósfera por la fotosíntesis) se redujo significativamente, lo que posiblemente sea la causa del incremento en los niveles de CO² registrados en ese año. Según Lewis *et al.* (2011), en el 2010 y 2011 los bosques amazónicos no habrían logrado absorber los

1 500 millones de toneladas de carbono que normalmente fijan. Por otra parte, la muerte de los árboles habría liberado enormes cantidades adicionales de CO² a la atmósfera.

Por lo general, los chimpancés viven en comunidades fisión-fusión y podrían adaptarse a grupos más pequeños. Los gorilas, por su parte, tendrían que cambiar hacia una dieta más frugívora pero, dado que ya viven en grupos pequeños, podrían ser más vulnerables a la extinción local debido a su incapacidad para crear vínculos sociales efectivos y a la disponibilidad limitada de hábitats apropiados. A la larga, esto afectará la supervivencia de los animales a nivel individual y comprometerá el futuro de la especie como un todo (Dunbar 1998; Lehmann, Korstjens y Dunbar, 2010).

Los herbívoros y frugívoros que ya están sufriendo la escasez de agua, sufrirán además la reducción en la disponibilidad de plantas para comer. Los carnívoros y carroñeros se podrían beneficiar con un corto periodo de bonanza con los animales debilitados o muertos pero, a largo plazo, enfrentarán la disminución en las poblaciones de sus presas. En los bosques nubosos montanos –uno de los ecosistemas forestales más susceptibles aun a cambios leves en el clima, las pérdidas de biodiversidad ya se asocian con el cambio climático (p.ej., Pounds 1997).

Los impactos del cambio climático se sumarán a otras presiones antrópicas sobre los bosques tropicales y las exacerbarán, pero la medida del impacto variará de una

región a otra. Mediante el análisis de nuevos datos de deforestación y proyecciones de cambio climático, Asner, Loarie y Heyder (2010) llegaron a la conclusión de que, “*En la Amazonia, una combinación de cambio climático y uso del suelo hace que el 81 por ciento de la región sea susceptible a un rápido cambio de vegetación. En el Congo, la tala y el cambio climático podrían afectar negativamente entre el 35 y el 74 por ciento de la cuenca. Los cambios provocados por el clima juegan un papel más pequeño en Asia y Oceanía que en América Latina y África, aunque el uso de la tierra hace que entre el 60-77 por ciento de Asia/Oceanía sea susceptible a cambios mayores en la biodiversidad. Para el 2100, solo el 18-45 por ciento de la bioma permanecerá intacta*”.

No solo en los trópicos los bosques enfrentan cambios dramáticos. De ser ciertas las actuales proyecciones climáticas, en los bosques del oeste de los Estados Unidos, por ejemplo, habrán incendios forestales más severos y frecuentes, una mayor mortalidad de árboles, una mayor infestación de insectos y árboles debilitados (Westerling *et al.* 2006). El balance es negativo: la quema y descomposición de los árboles hará que se libere el carbono a la atmósfera, con lo que aumentarían los niveles de gases con efecto invernadero.

3.2.4 Sabanas, praderas y estepas

Las praderas cubren enormes extensiones en las zonas tropicales y subtropicales. Debido a su alta productividad, muchas han sido convertidas a terrenos de labranza a lo largo de los siglos o se han usado para la cría de ganado doméstico. Muchas praderas aparentemente naturales han sido sutilmente alteradas mediante el fuego o la caza selectiva. Las praderas están entre los ecosistemas menos protegidos del planeta. A lo largo del tiempo han cambiado tan drásticamente que, en muchos casos, los científicos siguen inseguros acerca de su historia ecológica.

Las sabanas y las estepas son básicamente ecosistemas de praderas en climas semiáridos. Por lo general se trata de zonas de transición entre otros tipos de ecosistemas y, si recibieran menos lluvia de la que actualmente reciben, se convertirían en desiertos. Si, por el contrario, la precipitación aumentara, se convertirían en praderas de pastos altos, matorrales o bosques. Las sabanas y las estepas son el hogar de ungulados que pastan y ramonean y de fauna variada (mamíferos pequeños, reptiles, pájaros e insectos), y son controladas por regímenes de incendios y pastoreo. Estos ecosistemas almacenan el carbono en el suelo; los regímenes de rotación son relativamente largos (de 100 a 10 000 años), por lo que los cambios se dan lentamente y son de larga duración (Parton *et al.* 1995).

Las sabanas, praderas y estepas se caracterizan por tener variaciones estacionales de precipitación. Las estepas presentan además, vientos fuertes y temperaturas extremas y son más áridas que las praderas y están dominadas por pastos cortos. Las plantas y ecosistemas de las estepas han desarrollado estrategias efectivas para sobrevivir bajo condiciones de estrés, como por ejemplo escasez de agua, temperaturas muy calientes o muy frías, sequías prolongadas y lluvias esporádicas. Por lo general, son resilientes a eventos climáticos extremos y a menudo se forman microhábitats que son fuentes esenciales de nutrientes para las especies de la fauna (FAO, 2010b).

A medida que se incrementarán las temperaturas en el mundo, los hábitats de sabanas, praderas y estepas cambiarán su distribución en dirección a los polos: los bosques podrían transformarse en ambientes parecidos a las praderas o a las estepas, pues los incendios más frecuentes y calientes suprimirían el crecimiento arbóreo (Briggs, Knapp y Brock, 2002). Las praderas, por su parte, sufrirían fuertes invasiones de matorrales (van Auken, 2000). Un ecosistema se puede mantener como pradera, y no convertirse en bosque o matorral, debido a particularidades de temperatura, lluvia, frecuencia de incendios y pastoreo, aunque muchas de ellas se mantienen sin árboles por la intervención humana. Algunos de los regímenes de manejo se han mantenido por tanto tiempo que las especies silvestres ya no se logran adaptar. En consecuencia, en las praderas, los impactos del cambio climático y de la intervención humana son difíciles de separar y su destino en las próximas décadas dependerá de las presiones del desarrollo y de la agricultura.

Las características estacionales de las sabanas, praderas y estepas regulan la ocurrencia de incendios y la presencia de rebaños de herbívoros migratorios. El fuego controla de manera natural la producción de pastos en estepas y sabanas; los productores usan con frecuencia el fuego como práctica de manejo para mantener la productividad de los ecosistemas. La lluvia es un factor importante para determinar la dinámica de las especies migratorias. En las sabanas africanas, por ejemplo, la reproducción, supervivencia y desplazamiento de los ungulados responde a las fluctuaciones de la lluvia (Ogutu *et al.* 2008). Las sequías tienen, entonces, un efecto importante en los herbívoros de la sabana: las especies residentes en el ecosistema Mara-Serengueti se han reducido en un 58 por ciento en los últimos 20 años debido a los efectos de la sequía en la vegetación (Ottichilo *et al.* 2000); la sequía



ADRIANA CÁCERES CALLEJA

El aumento en la frecuencia y severidad de las sequías causa la muerte masiva de herbívoros.

del 2009 en el Amboseli redujo las poblaciones de ñus (*Connochaetes taurinus*) y cebras (*Equus quagga*) en 70 por ciento y 95 por ciento, respectivamente (Kenya Wildlife Service *et al.* 2010). (Recuadro 24). Los grandes mamíferos que habitan en esos ambientes se han adaptado a la estacionalidad de los recursos en la pradera, por lo que a menudo emprenden migraciones a grandes distancias. La más famosa es la migración del ñu en el ecosistema Mara-Serengueti. En muchos casos, en estas jornadas cruzan límites nacionales, lo que implica que las actividades de conservación se debieran coordinar mediante acuerdos internacionales como la Convención sobre las Especies Migratorias del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).

Las praderas contienen el 10 por ciento del carbono almacenado en la biosfera, principalmente en los suelos (Nosberger, Blum y Fuhrer, 2000). La degradación de las praderas puede provocar la rápida liberación de ese carbono, tal como se comprobó en China recientemente (Xie *et al.* 2007). De acuerdo con investigaciones en el Reino Unido, el incremento en los niveles de CO² podría causar un balance negativo al degradarse cada vez más los ecosistemas, con el consecuente aumento de las emisiones (Bellamy *et al.* 2005). Las praderas templadas son consideradas el ecosistema terrestre más alterado del planeta y, en la mayoría de los continentes, se encuentran en grave peligro. Solo el 4 por ciento de ellas se encuentran bajo algún régimen de protección. De hecho, de los 14 biomas del mundo, las praderas son el menos protegido. En la actualidad, la restauración de las praderas templadas es uno de los principales focos de la conservación (Henwood, 2010).

En muchas praderas el balance neto de carbono depende de su estado. Una investigación en ocho pastizales de Norteamérica encontró que, aunque casi todos los sitios podrían ser sumideros o fuentes de carbono, dependiendo de los patrones climatológicos anuales, cinco de ellos eran típicos sumideros del CO² atmosférico. Hay factores que complican el panorama, algunos de ellos relacionados con el cambio climático. Las sequías, por ejemplo, tienden a limitar la captación de carbono y, en tales condiciones, aun los sitios más productivos se pueden convertir en fuentes de carbono (Svejcar *et al.* 2008). Los factores más determinantes parecen ser la duración de la luz diurna y la precipitación.

El cambio climático afecta la productividad de la vegetación y la composición de especies en las praderas (Weddell, 1996). La sequía, en particular, provoca un cambio hacia especies vegetales menos productivas y más tolerantes a la falta de agua (Grime *et al.* 2008). Este cambio, afecta a su vez la presencia y conducta de las especies animales que se alimentan de dicha vegetación, generando a menudocolapsos en las poblaciones de las especies de fauna, tal como se ha registrado en el Parque Nacional Gonarezhou, en Zimbabue, donde 1 500 elefantes africanos (*Loxodonta africana*) murieron debido a una severa sequía entre 1991 y 1992 (Gandiwa y Zisadza, 2010). Los cambios registrados en los ecosistemas de praderas incluyen temperaturas más altas y menor cantidad de lluvias en verano, mayores tasas de evaporación, menor humedad en el suelo y aumento en la frecuencia y severidad de las sequías. La reducción en la cantidad de lluvia también influye en los regímenes de los incendios (es decir el patrón, frecuencia e

RECUADRO 8

La sabana de alcornoques del Mediterráneo y su rica biodiversidad enfrentan un estrés cada vez mayor

La región del Mediterráneo, uno de los centros de alta biodiversidad (*hotspots*) del mundo, alberga extensiones cubiertas de alcornoques. Esta especie, endémica del oeste del Mediterráneo, llega hasta Argelia, Francia, Italia, Marruecos, Portugal, España y Túnez. Estas sabanas son un buen ejemplo del desarrollo de las funciones económicas, sociales y ambientales de los bosques de la región.

La rica biodiversidad presente en las sabanas de alcornoques incluye muchas especies endémicas de fauna, amenazadas o poco frecuentes. Por esta razón, han entrado al Anexo I del Directorio de Hábitats de la Unión Europea. El manejo humano ha favorecido la heterogeneidad de hábitats y ha permitido la formación de una estructura tipo mosaico y una gran biodiversidad. La estructura de árboles ralos y la matriz de malezas/pasturas en las sabanas de alcornoques manejadas –como ocurre en la península Ibérica, por ejemplo sustentan a varias especies de interés para los conservacionistas; entre ellas, el buitre negro euroasiático (*Aegypus monachus*), especie casi amenazada, el águila imperial ibérica (*Aquila adalberti*) especie en estado vulnerable, y el linco ibérico (*Lynx pardinus*) especie en peligro crítico (BirdLife International 2008, 2009; von Arx and Breitenmoser-Wursten, 2008). El ciervo de Berbería (*Cervus elaphus barbarus*), casi amenazado solo se encuentra en los bosques de alcornoque en el límite entre Argelia y Túnez (UNEP-WCMC, 2005). Las sabanas mediterráneas de alcornoque también son importantes para las poblaciones de aves pues sus bellotas son parte importante de la dieta de más de 70 000 grullas (*Grus grus*) que pasan el invierno en la península Ibérica (Díaz *et al.* 1997); la sabana de Maamora en Marruecos es el hogar de al menos 160 especies de aves (Thévenot, Vernon y Bergier, 2003).

Hasta hace poco tiempo, los bosques mediterráneos –incluyendo las sabanas de alcornoque eran reconocidos por su extraordinaria resiliencia y capacidad de adaptación a las perturbaciones naturales. Resistentes a la sequía y resilientes, los alcornoques –al igual que otras especies del Mediterráneo se han adaptado a un clima que puede variar sustancialmente a lo largo del año (Pereira, Correia y Joffre, 2009). La modelación del clima para el Mediterráneo sugiere que la temperatura media se incrementará entre 2 °C y 4,5 °C sobre el promedio actual, y que la precipitación promedio podrá disminuir hasta un 10 por ciento en invierno y 20 por ciento en verano (IPCC 2007). Los periodos de sequía más intensos en el verano y las temperaturas promedio más altas crearán condiciones de estrés para muchas especies de plantas y animales. Además, la falta de manejo en áreas abandonadas en el norte (debido a la reducción en el mercado de tapones de corcho) y la sobreexplotación de recursos en el sur, debido principalmente al sobrepastoreo, reducirán la resiliencia de las sabanas de alcornoque a las perturbaciones naturales, como los periodos de intensa sequía. Estas condiciones provocarán la muerte de los árboles y aumentarán el riesgo de incendios descontrolados.

intensidad de los incendios), que afectan la supervivencia de semillas en el suelo y, por lo tanto, regulan la productividad de los pastos (Gandiwa y Kativu, 2009). Las sequías también matan muchos árboles y especies suculentas y afectan la variación en los ciclos de vida de las especies sobrevivientes; en consecuencia, se reducen las poblaciones de pájaros y de otras especies de la fauna que dependen de esas plantas (Gandiwa y Zisadza, 2010). Los cambios en temperatura y/o precipitación ya han provocado cambios considerables en períodos cortos (1-2 años) en la distribución de especies de aves en las praderas, cuyas poblaciones tienden a reducirse como consecuencia del cambio climático. Es de esperar, entonces, que el cambio climático va a acelerar las tendencias ya existentes de disminución en las poblaciones de aves (North American Bird Conservation Initiative and US Committee, 2010).