

## CAPÍTULO 5: LAS AMENAZAS A LA BIODIVERSIDAD

### 5.1 El planeta en peligro

Los seres humanos, al igual que todas las otras especies, se han desarrollado en interacción con su entorno. Dicha interacción es impulsada por las actividades humanas cada vez más amplias, influyendo prácticamente en todos los componentes de nuestra biósfera y el sistema climático global. Estas actividades se llevan a cabo en un mundo cada día más globalizado, industrializado e interconectado, impulsadas por la expansión de los flujos de bienes, servicios, capitales, personas, tecnologías, información, ideas y trabajo.

Las consecuencias se han hecho evidentes y, en la actualidad, existe un reconocimiento general del impacto ambiental negativo de todas esas actividades. Entre las consecuencias más graves están la degradación de los ecosistemas, la contaminación del aire y aguas y la pérdida de la biodiversidad. De manera que estamos siendo testigos de intensos cambios en el medio ambiente en todas las escalas, que no tienen precedentes en la historia humana.

La tasa actual de pérdida de biodiversidad terrestre, acuícola y marina es mayor que la experimentada en cualquier etapa de la historia humana y no hay señales que indiquen que pueda disminuir, en las actuales condiciones. A pesar de la abrumadora evidencia científica que apoya las argumentaciones acerca de la inextricable relación entre la biodiversidad y la supervivencia de la humanidad, la degradación de los ecosistemas, la extinción de especies y pérdida de poblaciones y diversidad genética continúa en una trayectoria exponencial.

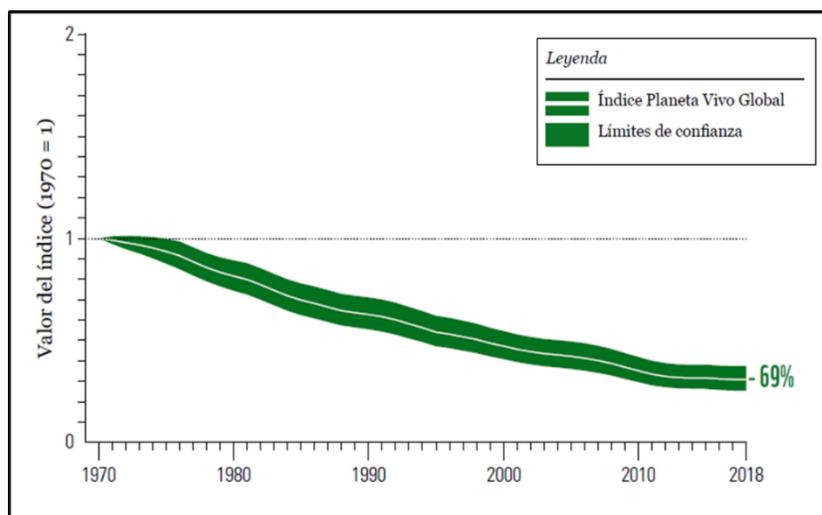
La evaluación del CDB (2010) expresa la preocupación y necesidad de acciones contundentes para enfrentar el problema:

La degradación de los servicios que prestan a las sociedades humanas los ecosistemas en funcionamiento suele guardar una relación más estrecha con los cambios en la abundancia y distribución de las especies dominantes o clave que con las extinciones a nivel mundial; incluso los cambios moderados de la biodiversidad a nivel mundial pueden traer como resultado cambios desproporcionados para ciertos grupos de especies (por ejemplo, los grandes depredadores) que ejercen una poderosa influencia en los servicios ecosistémicos. Podrían prevenirse, reducirse significativamente o incluso revertirse los cambios de la biodiversidad y los ecosistemas (si bien no es posible revertir la extinción de las especies, se puede restaurar la diversidad de los ecosistemas), si se adoptan medidas urgentes, integrales y adecuadas en los planos internacional, nacional y local. Esas medidas deben concentrarse en abordar los factores directos e indirectos que llevan a la pérdida de la biodiversidad y adaptarse al cambio en el conocimiento y las condiciones. (CDB, 2010: p.71).

De otra parte, el Índice del Planeta Vivo, elaborado por la WWF, da muestras de la disminución de la abundancia global de especies silvestres. Este indicador analiza las tendencias de un gran número de poblaciones de especies de forma muy parecida a como un índice bursátil analiza el valor de una serie de participaciones o un índice de precios al consumo el coste de la cesta de la compra, Los datos utilizados para construir el índice son series temporales de tamaño, densidad y abundancia poblacional (Figura 11). La pérdida de biodiversidad tiene graves consecuencias potenciales para el bienestar humano. De hecho, la capacidad de los ecosistemas para prestar servicios a la sociedad, ya se encuentra bajo estrés (Mooney, 2009), comprometiendo su capacidad de adaptación en el futuro. La pérdida de biodiversidad puede reducir, por ejemplo, la capacidad de producción de alimentos, el almacenamiento de carbono en los bosques y los humedales, el abastecimiento de agua limpia y suficiente agua dulce y las oportunidades para la recreación y el turismo.

**Figura 10.**

El Índice Planeta Vivo global (1970 a 2018). La abundancia relativa media de 31 821 poblaciones de 5 230 especies monitoreadas en todo el planeta ha disminuido un 69%. La línea blanca muestra los valores del índice, mientras que las áreas sombreadas representan la certidumbre estadística de la tendencia (certidumbre estadística de 95%, rango 63 % a 75 %).



Fuente: Informe Planeta vivo 2022 (WWF, 2022)

Las alteraciones causadas por la acción antropogénica, como es el caso de la reestructuración de los ríos y cuerpos de agua mediante presas para la generación de energía, reducen la biodiversidad como resultado de la inundación de variados hábitats, la interrupción de patrones de corrientes, el aislamiento de poblaciones animales y el bloqueo de rutas de migración. Los cambios en el uso de la tierra, al deforestar bosques para implantar agroecosistemas requeridos para la producción de alimentos, o para la expansión urbana, tiene consecuencias en todas las escalas: global regional y local.

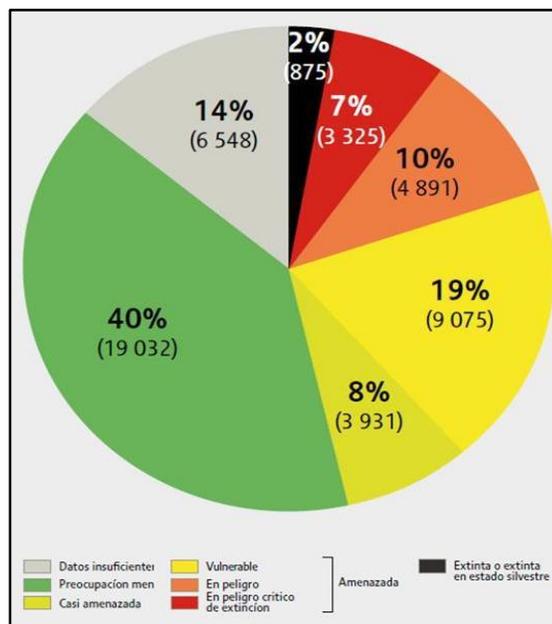
## 5.2 El grave problema de la pérdida de biodiversidad por la extinción de especies

La Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, por sus siglas en inglés), hasta el año 2022, ha registrado como extintas 984 especies, de las cuales 82 se extinguieron en estado silvestre, así como 290 que se supone se encuentran en peligro crítico de extinción, etiquetadas como posiblemente extinguidas. Reconoce que 42.108 especies están amenazadas de extinción, de las cuales 9251 están en peligro crítico, 16.364 amenazadas y 16.493 son vulnerables (IUCN, 2022). Desglosados por grupos destacan 41% de anfibios, 26% de mamíferos, 34% de coníferas, 13% de aves, 37% de rayas y tiburones y 36% de arrecifes coralinos. La Lista

Roja de UICN<sup>11</sup>, establecida desde 1964, es un indicador crítico de la salud de la biodiversidad del mundo. Mucho más que una lista de especies y su estado, es una poderosa herramienta para informar y catalizar acciones para conservación de biodiversidad y cambios de políticas, que son críticos para proteger los recursos naturales que necesitamos para sobrevivir. La Figura 11 ilustra la situación que se vivía en 2009-2010 con relación a la vulnerabilidad, amenaza o peligro de extinción. De todas las especies amenazadas, los anfibios son los que corren mayor peligro de extinción, junto con los corales constructores de arrecifes, mientras que las especies vegetales medicinales en peligro de desaparecer se ha incrementado en los últimos 10 años, especialmente en África y América Latina. En un análisis específico de la lista roja de la UICN, Cox *et al.* (2022) señalan que 21% de las especies de reptiles (tortugas, cocodrilos, lagartijas, serpientes y tuataras) también se encuentran amenazados con alto riesgo de desaparición, debido a diferentes causas, pero especialmente la cacería que realizan los humanos, tanto para alimentarse como para comerciar su piel o caparazón. Afortunadamente, los esfuerzos de conservación que se realizan para otras especies como mamíferos, anfibios y aves, también benefician a los reptiles.

**Figura 11.**

Distribución de 47.677 especies estudiadas por la UICN en el mundo, de acuerdo con las categorías que definen el estatus de vulnerabilidad, amenaza o peligro de extinción



Fuente: CDB (2010)

<sup>11</sup> <https://www.iucnredlist.org/>

Por su parte, el uso humano de los recursos naturales ha crecido sustancialmente en los últimos 50 años: aproximadamente la mitad de la superficie terrestre utilizable ahora se dedica a la ganadería de pastoreo o a cultivos. Esa expansión ha sido a expensas de hábitats naturales, de manera que entre un cuarto y la mitad de toda la producción primaria es ahora desviada hacia el consumo humano.

Los seres humanos han afectado la biodiversidad global desde tiempos prehistóricos tanto negativamente (p. ej., extinciones de megafauna e islas) como positivamente (p. ej., administración de organismos y ecosistemas, creación de nuevos ecosistemas).

Ahora es evidente la reconfiguración de la vida en la Tierra en todos los niveles, desde los genes hasta los biomas, por parte de los humanos. La tasa de disminución de la biodiversidad se ha intensificado en los tiempos modernos. Las tasas de extinción actuales son mucho más altas que las prehumanas. La extensión e integridad de los recursos naturales ecosistemas; el carácter distintivo funcional, filogenético y rico en especies de biotas locales en todo el mundo; el tamaño de las poblaciones de plantas y animales silvestres; y la diversidad genética intraespecífica de organismos salvajes y domesticados han disminuido.

### **5.3 Impulsores de la pérdida de Biodiversidad en el planeta**

En términos generales, los impulsores directos más importantes de la pérdida de la diversidad biológica —y de las modificaciones en los servicios de los ecosistemas— son los cambios de hábitats, tal y como cambios del uso de la tierra, modificación material de las cuencas hidrográficas (presas, embalses), retiro de agua de los ríos, pérdida de arrecifes de coral, y daños al lecho del mar por causa de la pesca de arrastre), el cambio climático, las especies exóticas invasoras, la explotación excesiva y la contaminación (MEA, 2005; IPBES, 2019; Jaureguiberry, Titeux, Wiemers et al., 2022).

El último informe de las Perspectivas de la Biodiversidad Global (CDB, 2020) reconoce que las metas planificadas y los esfuerzos realizados durante la década de los años 2010 a 2020 no fueron del todo exitosos. Ante esta realidad, se está reconociendo la falta de compromiso por parte de los líderes del Mundo para enfrentar el hecho palpable de que:

...La diversidad biológica disminuye a un ritmo sin precedentes y las presiones que causan esta disminución se intensifican. No se alcanzará totalmente ninguna de las Metas de Aichi para la Diversidad Biológica, lo que a su vez amenaza el logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y socava los esfuerzos para hacer frente al cambio climático (CDB, 2020: p.8)

Los principales impulsores directos de la disminución de la biodiversidad moderna incluyen cambios en el uso de la tierra, la explotación del agua dulce y la sobrepesca en los océanos; la mayor captura y recolección de organismos silvestres; el cambio climático; las diversas formas de contaminación; y las especies invasoras. Hasta la fecha, el cambio climático es un problema relativamente menor en la disminución de la biodiversidad, pero es probable que su impacto aumente considerablemente durante este siglo. Estos impulsores interactúan de manera compleja, a veces mejorando y, a menudo, reforzando los efectos de los demás.

Los impulsores indirectos de la disminución de la biodiversidad están aumentando. Entre ellos destacan las huellas de consumo a nivel mundial, concentradas en determinados países y grupos sociales. Los impulsores indirectos afectan la tasa y la magnitud de los impulsores directos preexistentes y dan lugar a otros nuevos, como la contaminación plástica, la contaminación acústica y lumínica y la exploración y explotación de los fondos marinos (Díaz y Malhi, 2022; Jaureguiberry, Titeux y Wiemers, 2022)

Otras amenazas principales a la diversidad biológica incluyen la contaminación con residuos y sustancias, el cambio climático y la sobreexplotación. En los ecosistemas marinos, esta última ha sido la causa más grave de degradación de los ecosistemas y la extinción de especies. Estos cambios tienen implicaciones considerables para la sociedad humana. Lo grave de esta situación es que las extinciones son irreversibles, a diferencia de otras amenazas que se pueden revertir.

Las tasas de extinción recientes son 100 veces más rápidas que las del pasado. Las especies con mayor posibilidad de extinción son las exóticas o raras, debido a los reducidos rangos geográficos y a la baja densidad de población que las caracteriza, y la propensión a la extinción se acentúa con los impactos antropogénicos sobre sus hábitats, y seguramente se potenciarán por efecto de los cambios en el clima (McNeely *et al.*, 2009).

Cuando el hombre altera un ecosistema para mejorar uno de los servicios que éste proporciona, su acción suele acarrear también cambios para otros servicios de los ecosistemas. Por ejemplo, las medidas para aumentar la producción de alimentos pueden traducirse en menos agua

disponible para otros usos y el cambio de uso de la tierra. Muchas poblaciones de plantas y animales han declinado en número, extensión geográfica o ambas variables (Figura 12) y se encuentran en peligro crítico de extinción. Aunque la extinción de especies forma parte del curso natural de la historia de la Tierra.

**Figura 12.**

*Algunas de las especies que se clasifican dentro de la categoría de amenaza crítica. Arriba, de izquierda a derecha: tortuga excavadora de Madagascar (Astrochelys yniphora), rana moteada (Atelopus balios), mono araña (Brachyteles hypoxanthus), Perea pigmea de tres uñas (Bradypus pygmaeus), Camaleón tarzán de Madagascar (Calumma tarzan). Abajo: murciélago enano de Seychelles (Coleura seychellensis), iguana de Jamaica (Cyclura collei), orquídea fantasma (Dendrophylax fawcettii), Ñame salvaje (Dioscorea strydomiana), correlimos cuchareta (Eurynorhynchus pygmeus).*



Fuente: Baillie y Butcher (2012).

La pérdida de biodiversidad tiene efectos negativos sobre varios aspectos del bienestar humano, tales como la seguridad alimentaria, la vulnerabilidad ante desastres naturales, la seguridad energética y el acceso al agua limpia y a las materias primas.

También afecta a la salud del hombre, las relaciones sociales y la libertad de elección. La sociedad suele tener varios objetivos en conflicto, muchos de ellos dependientes de la biodiversidad.

#### 5.4 Especies invasoras: una grave amenaza para la biodiversidad

Las especies exóticas invasoras son aquellas cuya introducción y/o propagación fuera de sus hábitats naturales afectan la diversidad biológica. Mientras que sólo un pequeño porcentaje de los organismos transportados a los nuevos entornos se convierten en invasoras, sus impactos negativos en la seguridad alimentaria, vegetal, animal, en la salud humana y en el desarrollo económico puede ser amplia y sustancial (CDB, 2009). Una especie introducida, exótica, o *alien* (en inglés) es una especie originaria de otra región. Aunque no todas las especies introducidas son invasoras; por ejemplo, la multitud de plantas ornamentales que hay en parques y jardines; o los animales de compañía, incapaces de sobrevivir sin los cuidados que les proporciona el hombre.

Las especies invasoras afectan las reservas biogeoquímicas y los flujos de materiales y energía, alterando así la estructura fundamental y la función de sus ecosistemas. La evidencia acumulada de muchas especies de animales y plantas invasoras sugiere que las especies invasoras a menudo aumentan el tamaño de las reservas, particularmente de biomasa, y promueven tasas de flujo aceleradas, pero se pueden encontrar muchas excepciones. Las especies exóticas invasoras pueden alterar los procesos de los ecosistemas a través de una amplia variedad de mecanismos que se complementan entre sí, en una variedad de escalas espaciales y temporales y en una amplia gama de grados de impacto. Ningún mecanismo de impacto puede dar cuenta de todos los casos de cambios en los ecosistemas. Las consecuencias ecosistémicas de las invasiones exóticas son específicas del sitio y de la comparación, por lo que la misma especie invasora puede tener diferentes efectos en diferentes lugares (Ehrenfeld, 2010)

Las invasiones biológicas se refieren a la introducción, establecimiento y expansión de especies exóticas procedentes de otras áreas geográficas. La mayoría de estas invasiones han sido ocasionadas natural o accidentalmente, pero en otros casos han sido intencionadas (Schüttler y Karez, 2009). Este traslado de especies de unas regiones a otras se ha llevado a cabo desde tiempos inmemoriales, pero, indudablemente, los movimientos humanos, la intensificación del comercio, la creciente globalización, la alteración de los ecosistemas y el mayor desarrollo han acelerado el proceso.

Aunque la gran mayoría de las especies invasoras son introducidas, algunas especies nativas ocasionalmente pueden transformarse en invasoras, expandiéndose rápidamente hacia otros hábitats no ocupados previamente. Esta modalidad de invasión es causada por el hombre cuando, por ejemplo, se introducen nuevos genotipos de una especie cultivada y se convierten en invasoras

por sí mismas o al recombinarse con los genotipos nativos. También se da el caso de que las alteraciones ambientales producidas por la actividad humana, como el caso del pino de Oregon (*Pseudotsuga menziesii*) en el Noroeste de los EE UU, el cual se ha extendido hacia las zonas de praderas y matorrales, y cuando éstas se incorporan a la producción ganadera se eliminan los incendios naturales (Simberloff, 2010).

De las numerosas especies no nativas establecidas en todo el mundo, solo una minoría de ellas son invasoras y nocivas, mientras que la mayoría son benignas o, de hecho, beneficiosas. La agricultura en América del Norte, por ejemplo, se vería dramáticamente diferente si solo se cultivaran plantas nativas como cultivos alimentarios y sin los servicios de la abeja melífera europea como polinizador. Sin embargo, la minoría de especies que son invasoras alteran negativamente los ecosistemas y reducen los servicios que brindan, lo que les cuesta a los gobiernos, las industrias y los ciudadanos miles de millones de dólares al año (Tobin, 2018).

Las pestes o plagas son aquellas especies invasoras que ocasionan un impacto ambiental y económico importante como el desplazamiento o la desaparición de especies nativas, cambios en los ciclos de nutrientes, transmisión de enfermedades o daños en infraestructuras (Vilá, 2006); por tanto, interfieren de forma directa o indirecta en el estado de bienestar del ser humano. Los ecólogos recomiendan que una especie se considere invasora con base en la información existente sobre su capacidad de dispersión. Por ejemplo, estimando si ha aumentado en abundancia o extendido su área de distribución con el tiempo.

Las invasiones biológicas constituyen un componente del cambio global, al igual que la explotación no sostenible de los recursos naturales, los cambios de uso de la tierra y, sobre todo, la destrucción del hábitat (Ehrenfeld, 2010). Las invasiones están muy relacionadas con los cambios de uso de suelo, puesto que muchos de estos cambios conllevan perturbaciones que suponen la apertura de espacios y la liberación de recursos (nutrientes) disponibles para aquellas especies con gran capacidad de establecimiento. Por ejemplo, el abandono de tierras de cultivo ofrece una vía libre tanto para la colonización de especies nativas como para la invasión de especies exóticas.

Los rasgos vegetativos, reproductivos y de tolerancia a distintos tipos de estrés que confieren potencial invasor a una especie, están influenciados principalmente por el lugar de origen donde ha evolucionado la especie y por el grupo filogenético al que pertenecen. Sin embargo, no hay una estrategia común entre todas las plantas que llegan a ser invasoras, ni la misma estrategia es adecuada para vivir en todos los ecosistemas (Amat-García *et al.*, 2011). Una elevada plasticidad

fenotípica, o la habilidad de un genotipo de dar lugar a distintos fenotipos en respuesta a distintos ambientes, así como su capacidad reproductiva, le permite a una planta invasora superar en un corto periodo de tiempo los límites que supone una adaptación con base genética a las nuevas condiciones ambientales del territorio donde ha sido introducida (Barret, 2011).

Un número creciente de estudios está mostrando que las interacciones positivas (mutualismos) entre especies, concretamente las que se establecen entre muchas plantas y animales, promueven la integración de especies invasoras en las comunidades nativas, además de determinar el éxito de muchas de las invasiones vegetales y animales. Una vez integradas en la comunidad receptora, las especies invasoras pueden alterar dramáticamente las interacciones mutualistas en ella presentes, las cuales a su vez pueden retroalimentarse para influir sobre la dinámica de la comunidad.

Las especies invasoras experimentan, tras su introducción en una región fuera de su rango natural, una liberación de la regulación que sobre ellas ejercían sus enemigos naturales (depredadores, herbívoros, parásitos o patógenos), lo que propicia el aumento de su abundancia y la expansión de su rango invasor. Esto representa el fundamento teórico de los programas de control biológico, que se centran en buscar, en su rango de origen, enemigos naturales especializados en la especie invasora que se pretende controlar, con la expectativa de que el escape de los ataques de dichos enemigos haya contribuido de forma significativa a su carácter invasor y, por lo tanto, la invasión será revertida al introducir uno o varios de sus enemigos especializados (CSIC, 2008).

Tales especies invasoras pueden producir cambios radicales en la abundancia y la integridad genética de especies nativas e incluso conducir a su extinción local. El impacto resulta particularmente grave cuando las especies nativas desplazadas están amenazadas o en peligro de extinción. Algunas comunidades, tales como las islas oceánicas tropicales parecen ser particularmente vulnerables a las invasiones, aunque la evidencia puede ser errónea. La hipótesis de los nichos vacantes sugiere que las comunidades isleñas y algunas otras están relativamente empobrecidas en el número de especies nativas y por lo tanto no pueden ofrecer “resistencia biológica” a los recién llegados. Como contrapartida, al llegar a una isla muchos invasores potenciales podrían no encontrar en los organismos nativos las asociaciones biológicas necesarias, como polinizadores, simbiosis u otras (Mack, 2000).

A pesar de que no todas las especies exóticas llegan a desencadenar procesos de invasión, la proliferación de algunas de ellas constituye hoy en día la segunda causa de pérdida de biodiversidad, después de la destrucción de los hábitats.

Cuando una especie introducida ocupa el mismo nicho ecológico que una especie autóctona, pero con mayor eficacia, la autóctona puede extinguirse localmente. La mayor capacidad competitiva de la especie invasora frente a la nativa puede ser el resultado de la competencia por explotación o por interferencia. En el caso de los animales, la depredación es el mecanismo más frecuente por el que las especies invasoras pueden tener un impacto directo sobre la biodiversidad. Las ratas (*Rattus rattus*) introducidas en muchas islas en el mundo han causado la extinción de al menos 37 especies o subespecies de aves. Los animales introducidos pueden también tener un efecto supresor sobre la vegetación nativa, como el caso de los conejos europeos (*Oryctolagus cuniculus*) introducidos en muchas islas alrededor del mundo (Simberloff, 2010).

En el caso de las plantas, se ha demostrado que la capacidad competitiva de diferentes especies invasoras está en relación con su gran capacidad de crecimiento. En el caso de los animales, la dominancia del invasor sobre el autóctono cuando comparten un mismo nicho a menudo está relacionado con el mayor tamaño y capacidad reproductiva del invasor o bien con la mayor amplitud de su nicho trófico. La competencia por interferencia está muy relacionada con determinadas ventajas de comportamiento respecto a las especies nativas (Mack, 2000).

Las plantas vasculares producen compuestos químicos como resultado de sus procesos metabólicos que en algunos casos pueden resultar tóxicas para las plantas adyacentes. Este mecanismo recibe el nombre de alelopatía, y cuando es ejercido por las plantas invasoras puede producir un impacto sobre la comunidad vegetal nativa.

El cruzamiento entre poblaciones de la misma especie, pero de diferente origen geográfico también puede conllevar cambios genéticos. La hibridación puede ser una amenaza para la integridad genética de las especies nativas, particularmente destacable en el caso de algunas especies endémicas, ya que puede, en casos extremos, implicar la extinción de sus poblaciones. La principal consecuencia negativa de la hibridación es la pérdida de diversidad genética y la pérdida de poblaciones localmente adaptadas (Simberloff, 2010). Las especies invasoras no sólo afectan a especies nativas concretas, sino también pueden reducir la biodiversidad nativa a nivel de la comunidad o del ecosistema.

Cuando el organismo invasor es extremadamente competitivo, puede incluso formar áreas monoespecíficas. En los ecosistemas terrestres donde la producción primaria está limitada por la escasez de nitrógeno, la introducción de especies exóticas capaces de fijar nitrógeno atmosférico –mediante simbiosis con microorganismos– puede incrementar notablemente la producción. Este efecto es especialmente notable cuando las especies nativas carecen de esa capacidad (incorporación de un grupo funcional nuevo) o la realizan con menor eficacia que la invasora.

Muchas situaciones de invasión biológica de especies son consecuencias no deseadas de procesos antropogénicos de introducción dirigida de especies con fines de producción agropecuaria o acuícola (nuevos cultivos o variedades, especies) o con fines ornamentales/paisajísticos, que luego se salen de control y derivan en procesos de invasión, algunas veces perjudiciales para las especies nativas (Bernery, Bellard, Courchamp, *et al.*, 2022).

La IUCN, en cooperación con el Grupo Especialista de Especies, ha identificado las 100 especies invasoras más dañinas del mundo (Lowe *et al.* 2004)<sup>12</sup>, entre las cuales destacan las siguientes: hormiga loca (*Anoplolepis gracilipes*), malaria aviar (*Plasmodium relictum*), cerdo silvestre (*Sus scrofa*), caracol lobo (*Euglandina rosea*), jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*), perca del nilo (*Lates niloticus*) y el pez león (*Pterois antennata*). En Venezuela, el Ministerio del Ambiente, a través de la Oficina Nacional de Diversidad Biológica, ha reportado que, hasta el año 2002, se habían identificado 1.410 especies exóticas, de las cuales 139 se han tornado invasoras, con consecuencias negativas para los ecosistemas del país. En particular, especies como el corocillo (*Cyperus rotundus* L.) y la paja Johnson (*Sorghum halepense*) se han convertido en malezas de muchos cultivos en las zonas agrícolas del país, al igual que varias especies de insectos plaga como la mosca prieta de los cítricos (*Alerocanthus woglumi*), la cochinilla rosada (*Maconellicoccus hirsutus*), la polilla de la papa (*Tecla solanivora*) y los trips (*Thrips palmi*), que han provocado ingentes pérdidas económicas en los cultivos afectados por ellas.

Los recientes avances en genómica, junto con el desarrollo de sistemas de información geográfica, brindan grandes conjuntos de datos genéticos y ambientales sin precedentes a escala global y local para vincular la genómica de poblaciones, la ecología del paisaje y el modelado de distribución de especies en un marco común para estudiar el proceso de invasión (Sherpa & Després, 2021).

---

<sup>12</sup> La lista completa puede consultarse en: [www.issg.org/bookletS.pdf](http://www.issg.org/bookletS.pdf).