

## CAPÍTULO 6: LA BIODIVERSIDAD EN DIFERENTES ECOSISTEMAS

### 6.1 La biodiversidad en agroecosistemas

Desde hace ~11.000 años, el hombre comienza a intervenir los ecosistemas para implantar la agricultura, dando origen los agroecosistemas. La biodiversidad constituye la base de la agricultura y posibilita la producción de alimentos tanto silvestres como cultivados, lo que contribuye a la salud y la nutrición de todos los seres humanos. Sin embargo, en los agroecosistemas la biodiversidad tiende a ser reducida. De entre las aproximadamente 270.000 especies de plantas superiores que se conocen, entre 10.000 y 15.000 son comestibles, pero solo unas 40 de ellas son explotadas intensivamente para la producción de alimentos, mientras que alrededor de 7.000 se han usado o se usan extensivamente en la agricultura tradicional o ancestral, todavía practicada por numerosos grupos y comunidades indígenas aisladas (McNeely *et al.*, 2009). Este conjunto de especies se conoce como agrobiodiversidad, la cual incluye también los recursos genéticos animales domesticados por el hombre, así como las especies silvestres presentes en los agroecosistemas (FAO, 2019).

Mediante la agrobiodiversidad, la agricultura proporciona una amplia gama de energía, proteínas, grasas, minerales, vitaminas y otros micronutrientes necesarios para la seguridad alimentaria y la nutrición, así como otros productos útiles como biocombustibles, remedios naturales, fibras y materiales de construcción artesanal. Sin embargo, la agrobiodiversidad –en el seno de los sistemas agrícolas y de los hábitats naturales– está desapareciendo a un ritmo sin precedentes. Una gran proporción de la producción de alimentos en la agricultura mundial es realizada en pequeñas unidades de producción (agricultura familiar), donde prevalece la diversificación de las especies cultivadas y la combinación de cultivos y cría de rebaños. El resto de los alimentos es generado en explotaciones que practican la agricultura intensiva (en capital, insumos y tecnología), basada en el monocultivo continuo. Mientras que en las primeras la diversificación y la escala de producción favorecen la agrobiodiversidad y aprovechan el funcionamiento de las redes tróficas para el control natural de las plagas, en las segundas se pierde la biodiversidad natural de las tierras utilizadas (y también de los ecosistemas).

La diversidad de cultivos y ganaderías de las pequeñas unidades productivas ha sido desarrollada a través del conocimiento ancestral y los sistemas agrícolas tradicionales. Se mantiene a través de redes sociales informales, instituciones locales y transferencias de una generación a otra. Los agricultores han conservado la agrobiodiversidad mediante la obtención de semillas y propágulos

vegetativos y su siembra continua en un proceso dinámico, donde se selecciona e introduce permanentemente variabilidad, mediante el libre intercambio de materiales entre comunidades (FAO, 2019). De esta manera, se ha logrado el desarrollo de las llamadas variedades locales, folclóricas, primitivas de agricultor, las cuales tienen entre otras ventajas la adaptación a ambientes marginales y a estrés, con una conservación vinculada a su utilización y con un proceso evolutivo en marcha, como respuesta a cambios ambientales y presiones de patógenos y plagas (Lobo y Medina, 2009). Los alimentos y los sistemas agrícolas localmente adaptados, diversos y tradicionales, tienen un gran valor para las comunidades indígenas y locales, así como para la agricultura en general, por el acervo genético del que disponen (IPGRI, 2004).

Desde mediados del siglo pasado, la preocupación por la agrobiodiversidad se ha incrementado a un grado tal que los estados nacionales y varios organismos internacionales se han abocado al fomento y la creación de los llamados bancos de germoplasma, con el fin de coleccionar y conservar la gran diversidad de líneas y variedades locales (recursos fitogenéticos) de los diferentes cultivos utilizados local y comercialmente para la producción de alimentos. En el ámbito internacional, la FAO ya ha publicado dos informes (1998 y 2010) del estado de los recursos fitogenéticos, los cuales señalan que existen, debidamente identificados y registrados, 6,3 millones de accesiones de los principales cultivos, en miles de bancos de germoplasma (Figura 13) y en parcelas de agricultores (FAO/SOWPGR, 2010). De los recursos fitogenéticos en conservación, 40% corresponde a cereales, de las cuales un millón de accesiones son de las tres entidades biológicas de mayor consumo: trigo, maíz y arroz; 15% de leguminosas comestibles y 10% o menos a cada uno de los grupos que comprenden hortalizas, tubérculos, raíces, frutales y plantas forrajeras.

### Figura 13.

*Bancos de germoplasma de musáceas y girasol, mantenidos en el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del INIA en Maracay*



Fuente: (Fotos: A. Romero S.)

Infortunadamente, durante los últimos cincuenta años, unas pocas variedades comerciales modernas de los principales cultivos (cereales, leguminosas, oleaginosas, textiles y frutales) ha reemplazado a miles de variedades locales en extensas áreas de producción. Más de 90% de las variedades locales de cultivos han desaparecido en los últimos 100 años y 690 razas de ganado (bovinos, ovinos, caprinos, aves y cerdos) se han extinguido. El remanente se encuentra en estado de vulnerabilidad y en peligro de extinción.

En la evaluación de la biodiversidad para la agricultura y la alimentación que realiza la FAO (2019), la biodiversidad para la alimentación y la agricultura es indispensable para la seguridad alimentaria, el desarrollo sostenible y el suministro de muchos servicios ecosistémicos vitales. La biodiversidad hace que los sistemas de producción y los medios de vida sean más resistentes a las crisis y las tensiones, incluidos los efectos del cambio climático. Es un recurso clave en los esfuerzos por aumentar la producción de alimentos y al mismo tiempo limitar los impactos negativos sobre el medio ambiente. La agrobiodiversidad provee múltiples contribuciones a los medios de subsistencia de muchas personas, a menudo reduciendo la necesidad de que los productores agrícolas y de alimentos dependan de insumos externos costosos o perjudiciales para el medio ambiente.

La agrobiodiversidad se ve afectada por una variedad de impulsores que operan en una variedad de niveles: las principales tendencias mundiales, como los cambios en el clima, los mercados internacionales y la demografía, dan lugar a impulsores más inmediatos, como el cambio en el uso de la tierra, la contaminación y el uso excesivo de insumos externos, la sobreexplotación y la proliferación de especies invasoras. Se informa que los cambios demográficos, la urbanización, los mercados, el comercio y las preferencias de los consumidores tienen una gran influencia en los sistemas alimentarios, con frecuencia con consecuencias negativas para los servicios ecosistémicos que proporciona.

Sin embargo, estos impulsores abren oportunidades para hacer que los sistemas alimentarios sean más sostenibles, por ejemplo, a través del desarrollo de mercados para productos amigables con la biodiversidad. Muchos de los factores que tienen impactos negativos, incluida la sobreexplotación, la recolección excesiva, la contaminación, el uso excesivo de insumos externos y los cambios en la gestión de la tierra y el agua, son causados, al menos en parte, por prácticas agrícolas inadecuadas.

Las interacciones entre los impulsores a menudo exacerbaban sus efectos en la agrobiodiversidad: los cambios demográficos, la urbanización, los mercados, el comercio y las preferencias de los consumidores tienen una gran influencia en los sistemas alimentarios, a menudo con consecuencias negativas para la agrobiodiversidad y los servicios ecosistémicos que proporciona.

La FAO (2019) igualmente señala que muchos componentes clave de la biodiversidad para la alimentación y la agricultura a nivel genético, de las especies y de los ecosistemas están disminuyendo. Existen indicios de que la proporción de razas de ganado en riesgo de extinción está aumentando y, respecto a algunos cultivos y zonas, la diversidad vegetal de los campos de los agricultores está disminuyendo, mientras que las amenazas a la diversidad se están incrementando. Casi una tercera parte de las poblaciones de peces está sobreexplotada y una tercera parte de las especies de peces de agua dulce evaluadas se considera amenazada. Los animales, al igual que las plantas, están sometidos a procesos de estrechamiento en su diversidad genética por destrucción de los hábitats naturales se encuentran, donde las especies silvestres relacionadas con las especies utilizadas por el hombre; lo cual se ve magnificado por la domesticación y desarrollo de conjuntos de animales uniformes y por las preferencias de los productores o consumidores por ciertas razas. Entre los factores que amenazan esta diversidad se encuentran: cruzamiento con razas importadas o su reemplazo por éstas para mejorar la productividad animal; relegamiento por cambios sociales, sistemas de producción o demandas por ciertos productos animales; urbanización y su impacto en la agricultura tradicional de animales; sequía, conflictos civiles y hambre. Así, alrededor de 30% de especies, correspondientes a mamíferos y aves, conectadas a procesos productivos, están en riesgo de pérdida, como consecuencia de la producción comercial que ha conducido a uniformidad genética

Al mismo tiempo, la biodiversidad de las especies de microorganismos que viven bajo la superficie del suelo se ve disminuida o afectada, alterando el desempeño de sus funciones en el ecosistema. En relación con este aspecto, hasta ahora se ha dado muy poca atención a la conservación del germoplasma de microorganismos, el cual representa un enorme recurso genético para ser utilizado en la agricultura y está sometido a pérdida por factores como la destrucción y fragmentación de hábitats, la conversión de ecosistemas a agroecosistemas y la erosión de los recursos animales y vegetales.

## 6.2 El papel de la biodiversidad en la polinización de bosques y cultivos

Otro aspecto relevante, aunque indirecto, para la agrobiodiversidad lo constituyen los insectos polinizadores, sin los cuales más de un 70% de los campos sembrados con cultivos anuales, frutales y pastos no podrían ser polinizados. La polinización animal es directamente responsable de entre 5 y el 8 por ciento de la producción agrícola mundial actual por volumen (es decir, esta cantidad de producción se perdería si no hubiera polinizadores), tal y como lo destaca la evaluación sobre polinizadores publicada por la IPBES (2016), e incluye alimentos que aportan grandes proporciones de micronutrientes, como la vitamina A, hierro y folato, en las dietas humanas globales. Porque no es sólo la provisión de alimentos, sino también de remedios (medicamentos) naturales madera, fibras, biocombustibles, artesanías, así como esparcimiento e inspiración para el arte, el ocio y la espiritualidad. La polinización animal juega un papel vital como un servicio ecosistémico regulador en la naturaleza. A nivel mundial, casi 90% de las especies de plantas con flores silvestres dependen, al menos en parte, de la transferencia de polen por parte de los animales (abejas de panal, abejorros, mariposas, polillas, abejas solitarias, avispas, coleópteros, aves, murciélagos, entre otras). Estas plantas son fundamentales para el funcionamiento continuo de los ecosistemas, ya que proporcionan alimentos, forman hábitats y ofrecen otros recursos para una amplia gama de otras especies.

La abundancia, diversidad y salud de los polinizadores y la provisión de polinización se ven amenazadas por factores directos que generan riesgos para las sociedades y los ecosistemas. Las amenazas incluyen el cambio de uso de la tierra, la gestión agrícola intensiva y el uso de pesticidas, la contaminación ambiental, las especies exóticas invasoras, los patógenos y el cambio climático. El riesgo para los polinizadores de los pesticidas surge a través de una combinación de toxicidad y el nivel de exposición, que varía geográficamente según los compuestos utilizados y la escala de manejo de la tierra y el hábitat en el paisaje. Se ha demostrado que los plaguicidas, en particular los insecticidas, tienen una amplia gama de efectos letales y subletales sobre los polinizadores en condiciones experimentales controladas (IPBES, 2016).

Los logros alcanzados por la investigación agrícola en los últimos 60 años –en términos de mejoramiento genético, prácticas agronómicas, técnicas de riego, uso de fertilizantes y combate de plagas utilizando agroquímicos–, ha permitido incrementar la producción de alimentos y cubrir la demanda mundial, a través de la intensificación de la agricultura. Sin embargo, los efectos colaterales han tenido un alto costo. La aparición de grandes desiertos biológicos terrestres y de

zonas muertas en los océanos y lagos es una muestra de ello, a las que se agregan la creciente contaminación de los cursos de agua, la disminución de la superficie de bosques y obviamente, la pérdida de biodiversidad.

Ante este panorama, uno de los dilemas principales que enfrenta la humanidad (~8.000 millones de almas, en abril de 2023) es la necesidad de producir alimentos y al mismo tiempo mantener la biodiversidad. Porque es un hecho establecido que los agroecosistemas dedicados a producir dichos alimentos, por lo general, inducen la pérdida de biodiversidad, al sustituir la gran variedad de especies de una parcela con una sola, la que se explota y cosecha. Tal modificación del biotopo conduce a la pérdida de las especies naturales, pero también crea nuevos nichos para otras especies, herbívoros y parásitos en su mayoría, que generalmente se transforman en plagas para el cultivo y afectan su rendimiento negativamente.

En la medida que más superficies de tierra se dedican a la producción de alimentos, el riesgo de pérdida de la biodiversidad aumenta de manera significativa. Como respuesta a este fenómeno, en los últimos 30 años han surgido algunas alternativas de soluciones, entre ellas, la agricultura orgánica, la agroecología, el aprovechamiento y fomento de los jardines familiares (*Home gardens*, por su denominación en inglés) y, muy recientemente, la intensificación sustentable de los sistemas agrícolas locales en las zonas rurales, mediante el amplio aprovechamiento de los recursos intermedios que de otra manera se pierden, la aplicación de principios conservacionistas de suelos y aguas, la cooperación más intensa entre productores de la localidad y la utilización de medios y tecnologías de comunicación para acelerar y hacer más eficiente el mercadeo de los productos agropecuarios.

### 6.3 Biodiversidad de bosques y selvas

Los bosques son el acervo más importante de la biodiversidad terrestre, donde viven más de la mitad de las especies conocidas. Constituyen depósitos de una amplia gama de recursos genéticos, muchos de los cuales aún no se han descubierto, mucho menos utilizados. Los bosques son componentes importantes de los ecosistemas a todas las escalas y proporcionan una gran variedad de servicios y funciones:

- Regulan el ciclo hidrológico y el suministro de agua,
- Protegen las cuencas hidrográficas
- Atenúan las inundaciones y las sequías,

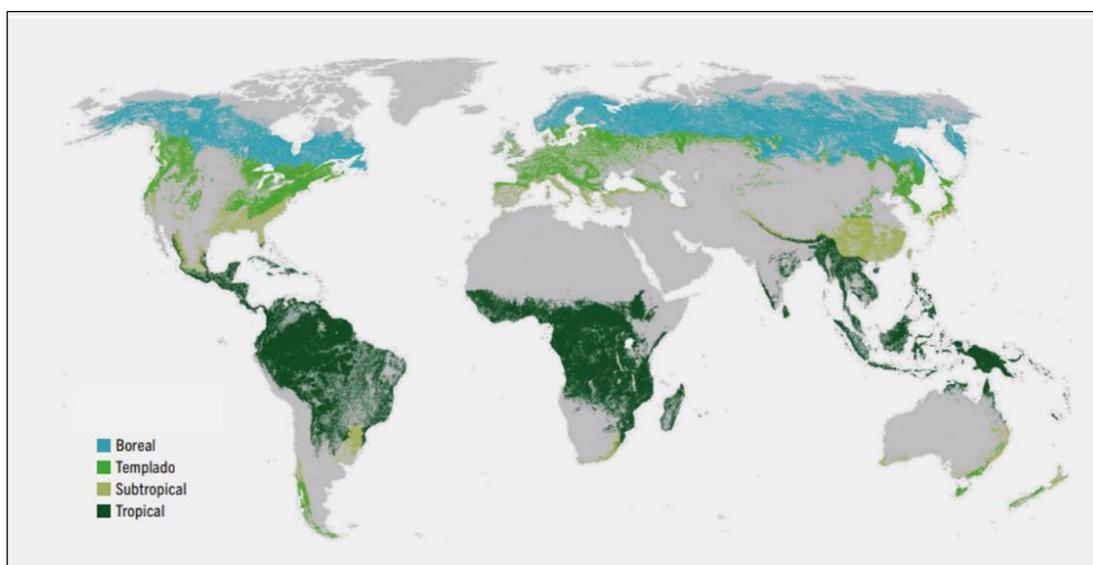
- Ofrecen productos como la madera de uso ornamental y de construcción y como fuente de energía (leña)
- Mitigan los efectos perjudiciales de las emisiones de gei y
- Fomentan la biodiversidad.

Aproximadamente 350 millones de las personas más pobres del mundo, incluidos 60 millones de indígenas, emplean los bosques de manera intensiva para su subsistencia y supervivencia. Estas poblaciones engloban a los sectores más desfavorecidos y vulnerables de la sociedad, y a menudo los más débiles en el plano político, para los cuales los bosques son el principal medio para hacer frente a las contingencias y reducir los riesgos derivados de imprevistos. Estas poblaciones son extraordinariamente competentes, creativas e innovadoras en su uso de los bosques y de sus productos y servicios ecosistémicos (FAO, 2022)

El área boscosa del mundo es de unos 40 millones de km<sup>2</sup> (Figura 14), cubriendo 31% de la superficie terrestre del planeta —esto es, 4 060 millones de hectáreas—, aunque esa extensión se está reduciendo: entre 1990 y 2020, 420 millones de hectáreas de bosques desaparecieron debido a la deforestación. Aunque la tasa de deforestación está disminuyendo, en el período comprendido entre 2015 y 2020 fue de 10 millones de hectáreas al año (FAO, 2022).

### Figura 14.

*Mapa global de distribución de los bosques, de acuerdo con las zonas climáticas*



Fuente: FAO (2022)

Los cinco países con mayor riqueza forestal (la Federación de Rusia, Brasil, Canadá, Estados Unidos de América y China) representan más de la mitad del total del área de bosque. Diez países o áreas no tienen bosque alguno y otros 54 los tienen en menos de 10% de su extensión total de tierra.

Se calcula que los bosques almacenan unas 289 gigatoneladas de carbono tan solo en su biomasa, por lo que desempeñan un papel decisivo en el equilibrio mundial del carbono y poseen un potencial importante de mitigación del cambio climático.

Dado que los bosques contienen más de 80% de la biodiversidad terrestre mundial (plantas, animales, aves insectos, entre otros), serán un recurso importante en el desarrollo de nuevos medicamentos, variedades vegetales mejoradas e innumerables productos adicionales.

Se estima que los bosques primarios –bosques de especies nativas en los que no hay muestras visibles de actividad humana tanto actual como en el pasado– suman 36% del total de área de bosque. Otros bosques regenerados naturalmente reúnen cerca de 57%, mientras que los bosques plantados representan aproximadamente 7%, del total del área de bosque.

La FAO (2022) estima que, en entre los años 2000 y 2020, alrededor de 47 millones de hectáreas de los bosques primarios del mundo se han destinado a otros usos o se ha perdido. El área promedio de bosque per cápita en todo el mundo disminuyó a la mitad: de 1,2 ha en 1960 a 0,59 ha en 2008. Las causas de la pérdida de bosques y la conversión son muy variadas.

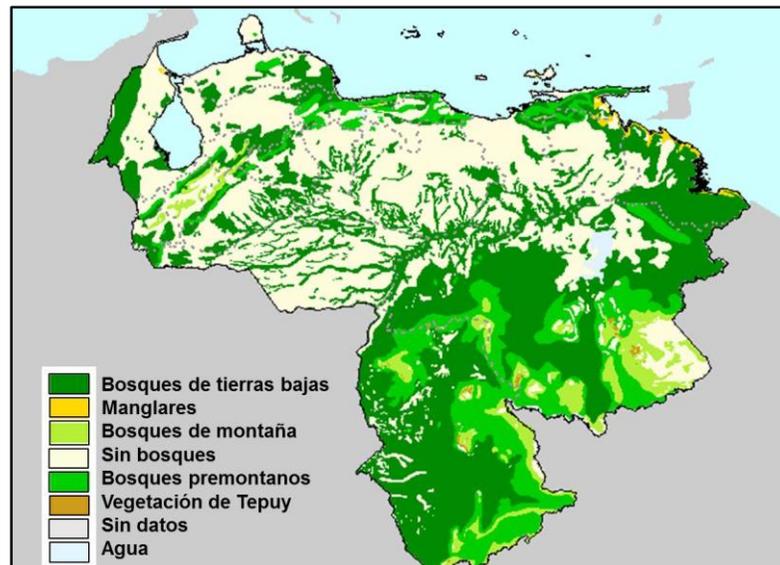
El área de bosques sembrados (secundarios) y/o recuperados está aumentando y es posible que en el futuro estos bosques cubran una mayor proporción de la demanda de madera, aliviando así la presión sobre los bosques primarios y otros bosques naturalmente regenerados.

El área de bosque que tiene como función principal designada la conservación de la diversidad biológica ha aumentado en más de 95 millones de hectáreas desde 1990, de las cuales la mayor parte (46%) fue designada entre los años 2000 y 2005. Estos bosques actualmente representan 12% del área total de bosque, equivalente a más de 460 millones de hectáreas. La mayor parte de estos bosques, aunque no todos ellos, se encuentran en áreas protegidas.

Venezuela posee una extensa superficie de bosques, aproximadamente 53 millones de ha, la mayor parte aún vírgenes, que ofrecen una excelente oportunidad para la conservación y el desarrollo sustentable. Aproximadamente la mitad del país presenta una cobertura vegetal boscosa, con la mayor proporción ubicada al sur del río Orinoco, en la región Guayana y en la zona occidental del país (Figura 15). Entre un quinto y un tercio de las tierras boscosas del país han sido protegidas con fines conservacionistas. Los ecosistemas boscosos de la región Guayana albergan una proporción elevada de la fauna silvestre del país y otros recursos no maderables que ayudan a la subsistencia de los pueblos indígenas.

**Figura 15.**

Mapa de la cobertura de vegetación del territorio venezolano, donde se puede apreciar la gran proporción de bosques que el país posee



Fuente: Reproducido de: [www.Globalforestwatch.org](http://www.Globalforestwatch.org)

Los bosques de la región Guayana están en riesgo debido a la extracción de maderas, la minería, la agricultura y las presiones demográficas. La colonización de estos por parte de pequeños agricultores y mineros representa la mayor presión generada sobre los ecosistemas boscosos en la región Guayana. La situación actual se ha exacerbado debido a la apertura de una zona de más de 100.000 km<sup>2</sup> al sur del Orinoco, para la extracción de oro y otros minerales estratégicos, denominado el Arco Minero por las autoridades gubernamentales.

Las presiones poblacionales y los conflictos por uso de la tierra crean el potencial para la pérdida de bosques. Las prácticas vigentes para el aprovechamiento de maderas y la minería promueven la degradación de los bosques y, donde la presión demográfica es alta, facilitan la deforestación de la región Guayana.

### **a. El servicio ecosistémico de los bosques y selvas**

Además de constituir el principal sustento para muchas poblaciones humanas, especialmente indígenas, pues extraen de ellos alimentos, recursos energéticos y plantas medicinales, los bosques y selvas prestan servicios inmensos a los ecosistemas, ya que además de proteger y enriquecer el suelo, debido a la magnitud de la biomasa que contienen, constituyen el recurso principal para producir el oxígeno de la atmósfera y depositar o secuestrar el carbono. Los bosques del mundo almacenan más de 650.000 millones de toneladas de carbono: 44% en la biomasa, 11% en madera muerta y hojarasca, y 45% en el suelo.

A escala mundial, los ecosistemas en riesgo de deforestación o degradación contienen al menos 260 gigatoneladas de carbono irrecuperable o difícil de recuperar, especialmente en turberas, manglares, bosques maduros y marismas. A menos que se adopten más medidas, se estima que 289 millones de hectáreas de tierras boscosas se desforestarían entre 2016 y 2050 solamente en los trópicos, lo que conllevaría la emisión de 169 GtCO<sub>2</sub>e. Los últimos datos confirman que la expansión agrícola es responsable de casi el 90% de la deforestación mundial. Este cambio en el uso de la tierra responde a múltiples causas subyacentes, como la pobreza y las prácticas de producción y hábitos de consumo insostenibles. Estimaciones recientes indican que detener la deforestación podría evitar la emisión de 3,6 +/- 2 GtCO<sub>2</sub>e al año entre 2020 y 2050 de forma eficaz en función de los costos, lo que supone el 14% de la mitigación adicional necesaria para 2030 a fin de mantener el calentamiento del planeta por debajo de 1,5 °C, dependiendo de lo rápido que se intensifiquen los esfuerzos (FAO, 2022).

### **b. La degradación de bosques y selvas**

La última gran edad de hielo, que finalizó hace unos 10.000 años, dejó casi 6.000 millones de hectáreas de bosque, lo cual representaba 45% de la superficie terrestre del planeta. Desde entonces, los ciclos de variaciones climáticas y de la temperatura han seguido influyendo en los bosques del planeta, mientras que la actividad humana ha tenido un efecto progresivamente mayor. Se estima que a lo largo de 5.000 años la desaparición total de terreno forestal en todo el mundo ha ascendido a 1.800 millones de hectáreas, lo cual supone un promedio neto de pérdida de 360.000 hectáreas al año (Williams, citado por FAO, 2012).

Los factores más importantes asociados con la disminución de la diversidad biológica forestal son de origen humano, e incluyen:

- La extracción de madera y la conversión de bosques en tierras agrícolas,
- El pastoreo excesivo,
- La prevalencia de la agricultura migratoria,
- Las prácticas no sostenibles de manejo forestal,
- La introducción de plantas y animales exóticas invasoras,
- El desarrollo de infraestructura (construcción de carreteras, por ejemplo, la explotación hidroeléctrica de desarrollo, la expansión urbana),
- La minería y el petróleo,
- Los incendios forestales antropogénicos,
- La contaminación y el cambio climático.

Existen cuatro razones principales de la degradación de los bosques: (a) producción maderera ilegal, (b) incendios, (c) recolección de leña, y (d) agricultura migratoria. Se estima que más de la mitad del producto interno bruto (PIB) mundial (84,4 billones de USD en 2020) depende en forma moderada (31 billones de USD al año) o alta (13 billones de USD al año) de los servicios ecosistémicos, en particular de los que proporcionan los bosques. La riqueza que representan algunos servicios ecosistémicos forestales (recreación y caza, hábitat, suministro de productos forestales no maderables y servicios hídricos) es de 7,5 billones de USD, lo que supone un 21% de la riqueza total en activos de la tierra y cerca de un 9% del PIB mundial. El hecho de que las existencias de activos naturales (capital natural) no se contemplen en el cálculo de la riqueza nacional conlleva el riesgo de que se cometan errores en las políticas, y la disminución de los activos naturales podría afectar a otros activos a largo plazo. En este sentido, es necesario mejorar las estimaciones del valor de la naturaleza, en particular de los bosques. Se cree que alrededor de 33 millones de personas —esto es, el 1% del empleo mundial— trabajan directamente en el sector forestal, tanto formal como informal. El sector aportó (de forma directa, indirecta e inducida) más de 1,52 billones de USD al PIB mundial en 2015 (FAO, 2022).

Desde la perspectiva de la ecología social, es interesante considerar lo señalado por el *Forest Peoples Programme* (Chao, 2012), quienes han investigado y recopilado información acerca de la relevancia de los ecosistemas de bosques y selvas para la población que vive en o depende de ellos, resaltando los siguientes hallazgos:

- De 1.000 a 1.200 millones de habitantes que viven en niveles variables de pobreza dependen de los recursos forestales, totalmente o en parte, para sus medios de subsistencia, proveyéndoles de combustible (leña) para cocinar y de otros recursos que proveen los bosques, entre ellos alimentos, materiales de construcción y sustento de rebaños o cultivos en sistemas silvopastoriles.
- 240 millones de personas viven predominantemente en los ecosistemas forestales y 300-350 millones de personas dependen en gran medida los bosques, pues viven dentro o cerca de densos bosques de los que dependen para su subsistencia e ingresos, de los cuales 200 millones son los pueblos indígenas.

Resulta obvio que la deforestación está relacionada con la pobreza de las poblaciones que dependen de los bosques para su sustento. Es menester reconocer que para los 240 millones de personas que habitan en o cerca de los ecosistemas forestales obtienen un medio de vida que es compatible con la conservación de los bosques, pues la intensidad de deforestación es mínima y el sistema silvopastoril permite la resiliencia del ecosistema boscoso. Sin embargo, cuando la deforestación ocurre en gran escala, para la explotación maderera y la expansión de los agroecosistemas, esos pobladores resultan severamente afectados, pues los beneficios son extraídos fuera del sistema (madera, cosechas) por los inversionistas y el régimen socio-ecológico inicial pierde su capacidad de resiliencia (Chomitz, 2007). Por ejemplo, un 26% de la Amazonía se encuentra en estado de perturbación avanzada, lo cual supone degradación de los bosques, incendios recurrentes y deforestación. Esto no es un escenario futuro, es lo que estamos viviendo actualmente en la región: un nivel continuo de destrucción con repercusiones devastadoras a nivel local e implicaciones negativas para la estabilidad climática del planeta (WWF, 2022).

La degradación de los bosques generalmente se asocia con una reducción de la cubierta vegetal, especialmente de árboles, originada por la tala selectiva de especies de alto valor comercial. La degradación es causada generalmente por alteraciones que varían en términos de extensión, severidad, calidad, origen y frecuencia. El proceso del cambio puede ser natural (causado por incendios, tormentas, sequía, nieve, parásitos, enfermedades, contaminación atmosférica, cambios de temperatura) o puede ser inducido por el hombre (explotación forestal insostenible, recolección excesiva de leña para quemar, agricultura migratoria, pastoreo excesivo, y cacería no sostenible). Este último puede ser intencional (directo) como, por ejemplo, la explotación forestal excesiva, sobrepastoreo, período de descanso entre cultivos demasiado corto, en el caso

de la agricultura migratoria; o puede ser no intencional (indirecto), por ejemplo, con la expansión de especies invasoras o plagas, o la construcción de carreteras que abre un área que antes era inaccesible a la ocupación de bosques.

El proceso de degradación de los bosques puede ser repentino (por ejemplo, debido a la explotación forestal excesiva) o un proceso lento y gradual que puede extenderse por largos períodos de tiempo (por ejemplo, la recolección de leña). El primer tipo, aun siendo importante, es fácilmente detectable por medio de la teledetección, mientras que un cambio del segundo tipo a menudo es difícil de detectar, aun por medio de la observación en campo, ya que implica una pérdida de biomasa o de la productividad a largo plazo que resulta difícil de evaluar, en particular, cuando se trata del suelo, el agua, los nutrientes y el paisaje. La degradación producida por el hombre generalmente se presenta en pequeños claros en la cubierta de copas y pérdidas graduales de biomasa debajo de la cubierta de copas que no son detectables mediante el uso de métodos de teledetección ópticos normales.

La degradación de los bosques disminuye la capacidad de recuperación de los ecosistemas forestales y hace más difícil hacer frente a las cambiantes condiciones ambientales. La degradación de los bosques y selvas del planeta constituye un proceso progresivo muy grave, particularmente en los países en desarrollo. Adicionalmente, la construcción de viviendas campestres, el esparcimiento y el turismo son mencionados como causas de la degradación de los bosques en algunos países desarrollados (FAO, 2010).

Existen también otras causas subyacentes indirectas de la degradación, como la pobreza y las faltas de alternativas y oportunidades económicas, las políticas inadecuadas, las debilidades institucionales, la falta de recursos financieros, la corrupción y otros factores tecnológicos, culturales y demográficos.

La degradación natural y la inducida por el hombre a menudo dependen una de la otra, ya que la acción humana puede influenciar la vulnerabilidad del bosque debida a la degradación por causas naturales (por ejemplo: un incendio forestal natural puede determinar el avance de la agricultura migratoria). La separación entre causas naturales o provocadas por el hombre es difícil de establecer en situaciones en las que los factores abióticos y bióticos son generados por eventos climáticos extremos y por los cambios climáticos causantes de una mayor frecuencia, escala y repercusiones en la degradación de los bosques.

Existen complejas interdependencias y desbalances entre los diferentes aspectos de la degradación de los bosques. Los factores que producen la degradación pueden afectar selectivamente determinadas características forestales específicas (por ejemplo: la explotación maderera que reduce la biodiversidad) o bien una complejidad de funciones o valores forestales (por ejemplo, los devastadores incendios forestales). Los impactos pueden tener escalas de variación espacio temporal que dependen del tipo y de las características del bosque. Los episodios recientes de grandes incendios en California (EE. UU.), Sidney (Australia) y Canadá ilustran esta situación.

### 6.4 Biodiversidad en los océanos

Si se parte del reconocimiento de que la vida tuvo sus comienzos en los océanos, la biodiversidad marina tiene un papel crucial en la Biósfera. Más de 70% de la biodiversidad que ha poblado la tierra desde hace ~3.500 millones de años, ha habitado en el océano y los cuerpos de agua continentales. La inmensidad de la hidrosfera (72% de la superficie del planeta), así como la no existencia de límites entre los varios ecosistemas acuáticos y su compleja estructura y funcionamiento, conlleva un gran desconocimiento de éstos en la actualidad, habiéndose descrito apenas un 11% de la biodiversidad que contiene (ONU, 2021). Sin embargo, es crucial para la seguridad de los recursos globales, funciones y servicios y la dinámica del clima global de la Tierra. Los océanos regulan los principales ciclos biogeoquímicos, generan gran parte del oxígeno atmosférico, absorben la mayor parte del CO<sub>2</sub> atmosférico, constituyen el reservorio último del agua que circula hacia la superficie terrestre –debido a la formación de nubes– y, lo más importante, son la principal fuente de proteínas de la dieta diaria de miles de millones de seres humanos. La conclusión del Censo 2000-2010 de vida marina estima que, en regiones de alta riqueza de biodiversidad, de 25 a 80% de las especies aún no han sido descritas.

Más de 600 millones de personas viven en regiones costeras que están a menos de 10 m sobre el nivel del mar y casi un 30% de la población mundial vive a menos de 100 km de la costa. Dichas regiones están experimentando tasas de crecimiento demográfico y de urbanización más elevadas que las regiones interiores (ONU, 2021).

Los ecosistemas marinos son en gran parte invisibles y misteriosos para la mayor parte de la población mundial y las comunidades humanas costeras han persistido sobre la base de las expectativas culturales de que siempre habrá otro pez y el mar siempre puede aceptar otra gota de residuos líquidos. Ahora está claro que los impactos humanos sobre los ecosistemas

marinos son omnipresentes, que ninguna zona marina se ve libre de la influencia humana y que casi la mitad de las áreas se ven fuertemente afectadas por múltiples factores de cambio (Costello *et al.*, 2010).

La inmensa importancia de la biodiversidad marina se destaca en un reporte del Instituto de Estudios Avanzados de la Universidad de las Naciones Unidas, donde se señala que los océanos del mundo albergan 32 de 34 phyla descubiertos en la Tierra y una diversidad y abundancia de especies por unidad de área de hasta 1.000 especies/m<sup>2</sup> en el Océano Indo-Pacífico (Arico y Salpin, 2005). Sin embargo, entre 1970 y 2012 el tamaño promedio de las poblaciones de 1.234 especies de vertebrados marinos ha disminuido en 49% (WWF, 2016).

Debido a su extraordinaria diversidad y propiedades, los organismos marinos ofrecen posibilidades para el desarrollo de fármacos. La relación de componentes naturales potencialmente útiles es significativamente mayor en los seres vivos del océano que los terrestres. Por ejemplo, la utilización de extremófilos en procesos industriales incluye su uso en liposomas para la administración de fármacos y cosméticos, tratamiento de residuos, biología molecular y en la industria alimentaria. Un homólogo eucariota de arqueas halófilas produce un marcador oncogénico, el cual es utilizado para la inspección de los pacientes de cáncer. Las enzimas aisladas o adaptadas de extremófilos también se usan en la química clínica, industrias de papel, procesamiento de alimentos, de limpieza, tecnologías de teñido, del refinado y la biorremediación (MEA, 2005; ONU, 2015).

Entre 67 y 90% de la superficie de los océanos se ven afectados por los seres humanos en diversos grados, pero la sobrepesca constituye el impacto directo dominante y el más extendido para los servicios de provisión de alimentos de las futuras generaciones. Estudios recientes han demostrado que los desembarques mundiales de la pesca alcanzaron su punto máximo a finales de 1980 y ahora están disminuyendo, a pesar del incremento del esfuerzo pesquero, con poca evidencia de que esta tendencia se esté invirtiendo con las prácticas actuales (ONU, 2021).

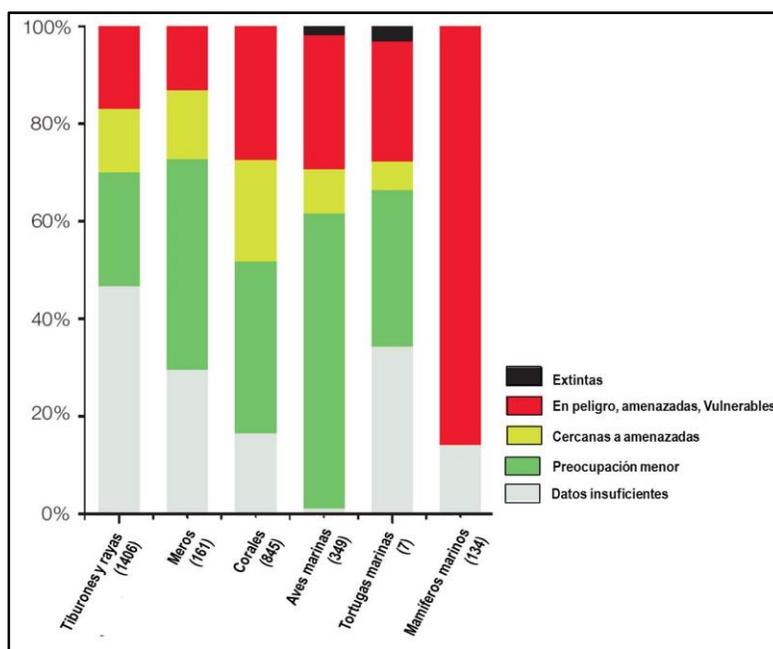
De manera especial, los ecosistemas costeros, o áreas donde se mezcla el agua dulce y salada, se encuentran entre los más biodiversos y productivos, pero constituyen los ecosistemas más severamente afectados en todo el mundo. Estos ecosistemas producen muchos más servicios relacionados con el bienestar humano que la mayoría de los sistemas, incluso aquellos que cubren en total áreas más grandes (UNEP/MEA, 2005).

Las áreas más allá de 50 metros de profundidad son los más afectados directamente por la pesca, e indirectamente por la contaminación. Los peces y otras especies marinas también se ven afectadas por la contaminación costera y la degradación, especialmente cuando parte de su ciclo de vida ocurre en los hábitats costeros, y debido a la dispersión de larvas por las corrientes en los ambientes pelágicos. Sin embargo, las flotas pesqueras de alta mar y en aguas más profundas, extraen las especies con mayor precisión y eficiencia, lo que compromete las áreas que servían de refugios para el desove de muchas especies de interés comercial, tanto para flotas industriales como artesanales (MEA, 2005).

La biodiversidad marina, al igual que la de los ecosistemas terrestres, se encuentra amenazada en diversos grados (Figura 16). De las 1.046 especies de tiburones y sus parientes (clase Chondrichthyes), 17% de los cuales se encuentran en categorías de amenaza (en peligro crítico, en peligro, y vulnerable) y 13% se consideran casi amenazados. Por lo menos 12,4% de las 161 especies de mero del mundo están ahora en la lista de categorías de amenaza (en peligro crítico, en peligro o vulnerable), otro 14% está casi amenazado.

**Figura 16.**

*Resumen de la distribución porcentual de las categorías de la Lista Roja de las especies marinas hasta ahora estudiadas por el IUCN. Para cada categoría se señalan los valores absolutos entre paréntesis*



Fuente: Polidoro *et al.* (2008).

De las 845 especies de corales (zooxantelados, orden Scleractinia, más las familias Helioporidae, Tubiporidae y Milleporidae), 27% se ubican en categorías de amenaza, lo que supone un alto riesgo de extinción. La cuarta parte de las especies de mamíferos marinos (ballenas, delfines, leones marinos y focas) se encuentran en categorías de amenaza. Las principales amenazas para estas especies incluyen enmallamiento en artes de pesca, los efectos de la contaminación acústica de sonar militar y sísmicos, y golpes de las embarcaciones. La abundancia mundial de tiburones y rayas oceánicas ha disminuido un 71% en los últimos cincuenta años, fundamentalmente porque la presión pesquera se ha multiplicado por 18 desde 1970 (WWF, 2022).

Los tiburones y las rayas son importantes para la salud de nuestros océanos, pero cada vez se valoran más comercialmente que por su carne, por otras partes usadas por sus supuestas propiedades médicas (p. ej. los platos a base de branquias de manta o mantarraya gigante) o por su uso en cocina, como la sopa de aleta de tiburón (WWF, 2022).

Las aves marinas (27,5%) están amenazadas y cuatro especies se han extinguido en los últimos 500 años. Las principales amenazas para las aves marinas incluyen la mortalidad por consumo de fauna de acompañamiento, el enredado en artes de pesca, derrames de petróleo y el impacto de las especies exóticas invasoras (en particular, la depredación por roedores y gatos) en las colonias de cría. A partir de 2008, seis de las siete especies de tortugas marinas (Orden Testudines) se han incluido en la categoría de amenaza (Polidoro *et al.*, 2008).