

Biogeografía

© Juan Carlos García Codron

Tema 8. Los ambientes artificiales



8.0 Introducción: los ambientes artificiales.

8.1 Los ecosistemas agrarios.

8.2. La vida en las ciudades.

8.3 Efectos de los desastres de origen humano.

8.4 Las consecuencias ambientales de los conflictos armados.

8.5 Vida y diversidad: dos caras de una misma moneda

8. LOS AMBIENTES ARTIFICIALES



Desde su aparición, y a lo largo de la mayor parte de su historia, los sucesivos grupos humanos obtuvieron los recursos necesarios para su supervivencia compitiendo con el resto de los animales que explotaban idénticos nichos ecológicos. La población era muy reducida y formaba pequeños grupos divagantes que se repartían por la mayor parte de los continentes por lo que la caza, pesca o recolección practicada por ellos, no demasiado diferente de la otros animales, era un elemento más de la compleja red de relaciones y flujos presentes en los ecosistemas.

Sin embargo, nuestra especie contó con una serie de atributos que le permitieron imponerse a las demás: una inteligencia superior, la capacidad para comunicarse mediante el habla y un par de manos extraordinariamente versátiles que, gracias al bipedismo, quedaron “liberadas” para todo tipo de usos.

Ninguno de estos atributos es estrictamente humano ya que, en menor o menor grado, aparecen en otros animales pero sí lo son su desarrollo y la coincidencia de los tres (que permite un perfeccionamiento continuo gracias a la retroalimentación que se produce entre ellos).

En la práctica, estas ventajas son las únicas con las que contaron los humanos que, sin ellas, no serían más que vulnerables mamíferos, mediocres corredores, no demasiado ágiles e incapaces de competir con los grandes depredadores. Sin embargo, resultaron definitivas ya que les permitieron desarrollar una cultura y, a través de ella, imponerse sobre todas las demás especies así como modificar a su antojo su entorno vital. De hecho, uno de los rasgos más diferenciadores de la especie humana desde el punto de vista de la ecología, es su capacidad para alterar el entorno y adaptarlo a sus propias necesidades practicando una auténtica “ingeniería de ecosistemas”. Sólo ésto explica que se haya logrado alimentar a una población muy superior a la que podría vivir de los recursos estrictamente naturales haciendo posible el espectacular crecimiento demográfico de nuestra especie.

Según algunas estimaciones, hace 10.000 años la biomasa conjunta de los seres humanos y de su ganado representaba menos del 1% de la total de los vertebrados terrestres mientras que en la actualidad, podría alcanzar 98%. Ello implica un incremento equivalente en el porcentaje de masa vegetal que debe destinarse a su alimentación: en la actualidad, consumimos cerca de un tercio de la producción primaria neta del conjunto de la Biosfera.

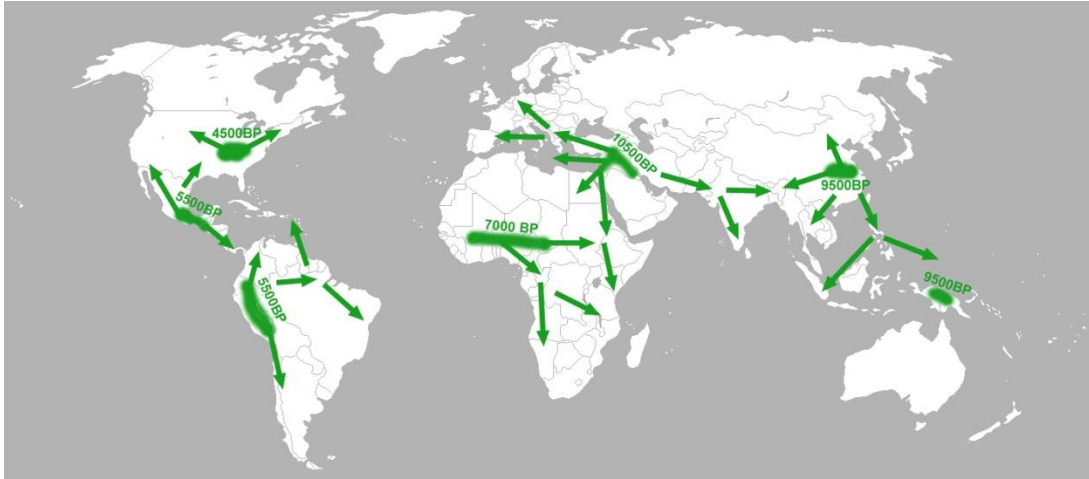


Desde un punto de vista ecológico la evolución demográfica reciente de la especie humana es la propia de una plaga. La satisfacción de las necesidades crecientes de la población conduce a una sobreexplotación de los recursos naturales y a una progresiva antropización del medio cuya máxima expresión son las ciudades.

Las consecuencias de esta “ingeniería de ecosistemas” son múltiples e incluyen una modificación de la cubierta vegetal, la alteración de varios ciclos biogeoquímicos, un periodo de extinciones masivas y el inicio de un cambio climático sin precedentes. En todos estos casos la intensidad y magnitud de los fenómenos inducidos por la humanidad es comparable, cuando no superior, a la de los naturales hasta el punto de que, en la actualidad, hemos dejado de ser un componente más de los ecosistemas para convertirnos en uno de los factores más determinantes de sus procesos.

A esta situación se ha ido llegando poco a poco. Muy lenta al principio (durante cientos de miles de años los únicos impactos de cierta relevancia producidos por la humanidad debieron ser incendios localizados), se ha ido generalizando y acelerando hasta llegar a la actualidad. El momento clave en esta evolución se produce cuando el *Homo sapiens* deja de ser un depredador-recolector que se limita a aprovechar “lo que encuentra” y empieza a producir sus propios alimentos dando origen a la ganadería y a la agricultura. El fenómeno, que permite definir el periodo Neolítico, tuvo lugar por primera vez en Oriente Medio hace unos 10.500 años pero durante los milenios siguientes se repitió de manera espontánea en otras regiones de la tierra desde las que se extendió rápidamente al resto de las regiones habitadas.

Desde el punto de vista ambiental, el advenimiento de las actividades agrarias tiene una enorme importancia porque marca el inicio de la transformación consciente del medio por parte del ser humano dando paso a lo que algunos autores denominan el “Antropoceno”.



La agricultura apareció en Oriente Medio hace más de diez mil años aunque el proceso se repitió de manera espontánea en otros focos desde donde se extendió rápidamente por todo el mundo.

Fuente: elaboración propia.

La agricultura, la ganadería y la silvicultura implican una importante alteración de los ambientes naturales preexistentes y su sustitución por otros que, en general, podemos considerar “seminaturales”. En estos entornos, frecuentemente llamados “ecosistemas agrarios” o “agroecosistemas”, es donde se ha conservado hasta hoy gran parte de la biodiversidad mundial.

Sólo en época reciente se han ido generalizando nuevas formas de agricultura intensiva (cuyo máximo exponente son los cultivos sin suelo, bajo invernadero o en edificios) que generan entornos totalmente artificiales más próximos a los ecosistemas urbanos que a los agrarios.

El Neolítico presenció otro hecho fundamental para el medio ambiente: la aparición de las ciudades. Y también en este caso las consecuencias fueron adquiriendo importancia de manera muy progresiva. Los primeros asentamientos eran pequeñas aldeas intercaladas entre los espacios agrarios bien integradas ambientalmente por lo que durante un cierto tiempo no debieron producir impactos importantes en el medio natural. Sin embargo, algunas de estas poblaciones empezaron a crecer adquiriendo nuevas funciones, extendiendo su área de influencia hasta distancias cada vez mayores y vinculándose a otras ciudades a través de una tupida malla de vías de comunicación. Esta tendencia, que se ha ido intensificando progresivamente, ha supuesto un continuo incremento de la presión sobre los recursos naturales situados alrededor del núcleo y una paulatina antropización de su superficie.

En la actualidad, las grandes ciudades se nos muestran desde el punto de vista ambiental como espacios ligados entre sí pero muy diferenciados de su entorno natural. Constituyen peculiares ecosistemas artificiales de escaso valor ambiental pero muy importantes para nosotros ya que es en ellos donde transcurre la existencia de la mayor parte de la humanidad.

Pero los efectos de la actividad humana en el medio no se limitan a la transformación gradual del territorio a medida que éste va siendo ocupado o es objeto de explotación: numerosas situaciones son susceptibles de generar desastres o destrucción y, a través de ellos, impactos ambientales capaces de influir en la distribución de numerosas especies. Es el caso, por ejemplo, de las guerras o de los grandes desastres industriales, acontecimientos prácticamente instantáneos pero cuyas consecuencias pueden alterar el medio natural durante largos periodos poniendo a prueba su capacidad de resiliencia.



Las ciudades están unidas por grandes ejes de comunicación que forman una red cada vez más densa. Infranqueables para muchas especies, estas infraestructuras compartimentan el medio natural aislando a las poblaciones de cada sector.

Foto: autopista AP7 a su paso por Cerdanyola del Vallés (Barcelona).

La riqueza y el grado de alteración que presentan hoy los distintos ecosistemas, incluidos los agrarios o urbanos, son muy diversos y cambian rápidamente en el espacio y en el tiempo por lo que cualquier sistematización es extremadamente difícil. Muchos medios de apariencia natural pueden presentar una biodiversidad ínfima y ser muy distintos de los que tendrían que existir en la región a la que pertenecen (como ocurre en el caso de algunos “bosques” europeos) mientras que algunos ambientes agrarios o, incluso, artificiales, contribuyen hoy al equilibrio general, conservan cierta riqueza e incluso son un buen refugio para algunas especies amenazadas: así, por ejemplo, la mayor densidad del mundo de halcón peregrino (*Falco peregrinus*) se encuentra en la isla de Manhattan.

No obstante, se admite que la cubierta vegetal ha sido alterada por la acción o presencia humana en cerca de tres cuartas partes de la superficie terrestre y que, por tanto, sólo una cuarta parte de las tierras emergidas, de las que más de la mitad corresponden a desiertos, permanecen en estado más o menos salvaje.

Conocidos estos hechos, no tiene sentido que la Biogeografía limite su campo de estudio a los ambientes supuestamente “naturales”, como ha hecho habitualmente hasta ahora, ignorando que esta condición es residual en la mayor parte de la superficie terrestre y que, salvo excepciones, los paisajes que hoy nos rodean son el resultado de una prolongada dialéctica entre los procesos naturales y los asociados a la acción humana.



La convivencia normal con las especies “salvajes” o “silvestres” no siempre es posible lo que, en la actualidad, condena a muchas de ellas a la desaparición.

Foto: cartel advirtiendo a la población de la presencia de pumas en un área residencial en Point Reyes (California, EEUU).

8.1. LOS ECOSISTEMAS AGRARIOS

Las actividades agrarias implican la sustitución de las especies preexistentes en un determinado lugar por otras de valor económico, normalmente foráneas, que se plantan o crían con el objetivo de ser aprovechadas en el momento oportuno. Suponen un drástico empobrecimiento en términos de biodiversidad ya que las plantas o animales considerados “inútiles” intentan ser eliminados. Además, con objeto de obtener el máximo rendimiento posible, se modifican los factores bióticos y abióticos del entorno (composición del suelo, agua disponible, etc) generando unos ecosistemas extremadamente simples en los que el ser humano es quien controla los flujos de materia y energía y quien decide cuáles van a ser las especies productoras (las plantas cultivadas) y las consumidoras (el ganado o las personas).



Las actividades agrarias han supuesto la total transformación del paisaje de muchas regiones modificando no sólo la cubierta vegetal sino también el modelado de vertientes y la hidrografía.

Foto: cultivos en terrazas en Dhulikhel (Nepal).

En los ecosistemas agrarios la materia no circula formando ciclos cerrados (como ocurre en el medio natural) ya que las sustancias absorbidas por las plantas o consumidas por el ganado se exportan para ser utilizadas en otros sitios en lugar de restituirse al suelo al final del ciclo. Por esta razón, para mantener su productividad, es imprescindible reponer artificialmente dichas sustancias incorporando fertilizantes al medio. Sin embargo, el abonado altera la composición del suelo y es fácilmente arrastrado por el agua de escorrentía contaminando rápidamente los acuíferos, ríos y lagos.

La mayor parte de las aguas continentales de los países avanzados presenta problemas crónicos de contaminación agraria. Como consecuencia de ella, suelen presentar un contenido excesivo en nutrientes (sales minerales, materia orgánica...) que favorecen un crecimiento incontrolado del fitoplancton y de numerosas plantas acuáticas que, a su vez, restan transparencia al agua y consumen todo el oxígeno libre contenido en ella impidiendo la presencia de otras especies más exigentes. Este fenómeno (conocido como “eutrofización”) puede producirse a bastante distancia del lugar de origen de la contaminación y supone una amenaza muy importante para la biodiversidad de los medios acuáticos.

La agricultura exige la erradicación de la vegetación originaria y de los animales fitófagos susceptibles de dañar las cosechas. Esto se logra fácilmente en el caso de los árboles y arbustos pero resulta mucho más complicado en el de muchas herbáceas que dispersan continuamente sus abundantes semillas a través de los cultivos y se instalan en medio de ellos gracias a su rápido crecimiento, carácter acomodaticio y, en algunos casos, extraordinaria resistencia. Son las popularmente llamadas “malas hierbas” por lo difíciles que resultan de eliminar y la competencia que hacen a las plantas cultivadas.

Tradicionalmente, y aún hoy en las regiones más desfavorecidas, la eliminación de las “malas hierbas” se ha realizado manualmente pero en la actualidad se ha generalizado el uso de herbicidas cuyas consecuencias deletéreas afectan también a un gran número de especies de plantas, algas y microfauna causando un grave empobrecimiento del conjunto del ecosistema.



Algunas plantas tienen una extraordinaria capacidad para resistir la presión agraria y se instalan permanentemente entre los cultivos. Son las popularmente llamadas “malas hierbas” aunque desempeñan un papel ambiental muy importante.

Foto: campos de cultivo en Maderuelo (Segovia, España).

La situación es aún más compleja en el caso de los animales que gracias a su capacidad de desplazamiento pueden llegar muy rápidamente desde el exterior atraídos por los recursos proporcionados por el propio cultivo. De ahí que la fauna que frecuenta las pequeñas parcelas rodeadas de ambientes naturales o seminaturales sea relativamente numerosa (a veces en detrimento de los intereses del agricultor) mientras que las amplias extensiones agrícolas carentes de áreas de refugio para los animales son muy pobres en especies salvajes.

La gran fauna puede causar importantes destrozos en los cultivos pero su eliminación es (o da la impresión de ser) relativamente fácil ya que el número de individuos existente es siempre limitado y el “enemigo” es fácil de identificar y puede cazarse. Por eso, los macromamíferos, o incluso las grandes aves, han sido frecuentemente exterminados y son poco numerosos en las regiones agrícolas más transformadas. Sin embargo, los verdaderos enemigos del agricultor son algunos roedores y un buen

número de insectos que se alimentan a costa de los cultivos y cuya proliferación puede ser explosiva gracias a la desaparición de sus depredadores naturales y a la abundancia de alimento de que disponen. Estos animales son mucho más difíciles de eliminar y originan las llamadas “plagas” ya que sus tasas de reproducción son muy elevadas y frecuentemente desarrollan resistencia frente a los insecticidas con los que son combatidos. Sin embargo, estos insectos y roedores tienen sus propios depredadores que, cuando son respetados por el agricultor, pueden acudir atraídos por la abundancia de presas. Es el caso, por ejemplo, de las pequeñas rapaces que se alimentan de ratoncillos campestres y que se vuelven muy abundantes en algunas áreas cultivadas.

Más allá de las generalidades anteriores, la diversidad biogeográfica de los espacios agrarios mundiales es enorme y su casuística, por excesiva, no puede ser descrita aquí.



La presencia de arbolado y el predominio de pequeñas parcelas separadas por cierres naturales ofrecen oportunidades a muchas especies y permite la existencia de agroecosistemas con una elevada biodiversidad.

Foto: paisaje de bocage en Cuestahedo (Burgos, España).

En muchas ocasiones contienen una notable biodiversidad, la calidad y complejidad de los ecosistemas que constituyen es alta y forman unidades de paisaje que se integran bien en el entorno por lo que, aun siendo ambientes artificiales, contribuyen a diversificar los hábitats y, en su estado actual, resultan compatibles con la preservación de los valores naturales. En general, aunque no siempre, esta situación está asociada a la agricultura tradicional con policultivo y parcelas cercadas de pequeñas dimensiones entre las que se intercalan restos de bosque o extensiones de pastos.

Pero el escenario puede ser el contrario ya que la tendencia más habitual es hacia una intensificación y especialización de la agricultura que, en las situaciones “ideales”, puede dar lugar a grandes extensiones de monocultivos prácticamente sin espacios intersticiales y que exigen la utilización de maquinaria pesada y de ingentes cantidades de pesticidas y agroquímicos. La producción anual de fitomasa de estos

lugares rivaliza con la de los ecosistemas más productivos de la Tierra aunque su biodiversidad es inferior a la de los grandes desiertos y, desde el punto de vista ambiental, su importancia es muy baja.

Casos extremos, aunque bastante limitados espacialmente todavía, son los cultivos bajo plástico, sin suelo o hidropónicos que se realizan en condiciones íntegramente artificiales y sin relación con el clima, suelos u condicionantes locales. Constituyen enclaves totalmente aislados del resto del territorio por fronteras que las especies salvajes no son capaces de atravesar y pueden considerarse fuera del campo de intereses de la Biogeografía.



La intensificación de la agricultura conduce a la creación de ambientes totalmente artificiales y aislados de su entorno como ocurre en el caso de los cultivos en invernadero o bajo plástico.

Foto: Palos de la Frontera (Huelva, España).

En los espacios ganaderos existe una gradación parecida a la que acaba de ser descrita para la agricultura, desde aquellos que presentan una situación muy próxima al estado natural hasta los que son totalmente artificiales. No obstante, en general, el grado de transformación de las superficies dedicadas al ganado es menor que el de las cultivadas y su integración entre los ecosistemas naturales mucho mejor.

En numerosas regiones de la tierra el ganado se limita a aprovechar la hierba existente en las formaciones abiertas (sabana, pradera, pampas, prados alpinos...) o es instalado en superficies de pastizal generadas tras antiguas roturaciones y que, no excesivamente transformadas desde entonces, se mantienen mediante incendios periódicos. En todos estos sitios los agroecosistemas resultantes son relativamente próximos a los ecosistemas naturales preexistentes (o han tenido tiempo de integrarse entre los mismos) ya que la mayor parte de la vegetación es autóctona y el ganado comparte los recursos tróficos con la fauna local sin excesivos conflictos (con la habitual y significativa excepción de los provocados por los grandes depredadores que producen daños inaceptables para los ganaderos y que éstos intentan exterminar).



Muchas formas de ganadería tradicional se integran muy bien en el medio y son compatibles con la conservación de los ecosistemas naturales.

Foto: desplazamiento de un rebaño de ovejas en Gortina (Creta, Grecia).

En esos lugares, las principales alteraciones ambientales que produce la actividad ganadera consisten en:

- + Una pérdida de biodiversidad vegetal, especialmente notoria en el caso de los árboles y arbustos (aunque existen sistemas agrosilvopastoriles basados en el mantenimiento de un bosque aclarado o de amplias superficies de arbolado autóctono que sostienen una extraordinaria riqueza en especies).
- + Un fuerte aumento de las herbáceas de carácter heliófilo, nitrófilo y pirófito (causado respectivamente por la desaparición de los árboles productores de sombra, por las deyecciones del ganado y por el incremento de los incendios).
- + Incremento de la fauna propia de espacios abiertos y esteparios en detrimento de la forestal (especialmente relevante entre las aves).
- + Un importante aumento del número de animales fitófagos u oportunistas a los que favorece la desaparición o fuerte declive de los grandes depredadores.

Sin embargo, en las economías más avanzadas y en algunas regiones de muy alta densidad de población donde el suelo es escaso (EEUU, Europa Occidental, China...), la ganadería se ha ido intensificando buscando una mayor competitividad. Este hecho ha implicado una progresiva pérdida de conexión con el medio ambiente local: los animales están estabulados o se concentran en superficies muy reducidas, se alimentan exclusivamente con pienso (cuyo origen, en ciertos casos, ni siquiera es vegetal) y sus deyecciones no enriquecen el suelo sino que se tratan como residuos contaminantes que deben ser evacuados a otros lugares.

En los terrenos ocupados por este tipo de explotaciones los flujos de materia o energía y la red de relaciones interespecíficas propias de los ecosistemas naturales quedan absolutamente desfigurados y el entorno resultante debe considerarse como totalmente artificial.



A medida que se intensifica y se “moderniza”, la ganadería va originando ecosistemas más pobres y distantes de los naturales. La totalidad del alimento consumido por el ganado debe ser importada del mismo modo que tanto sus residuos, muy contaminantes a causa de su gran volumen, como su propia biomasa son exportados con lo que los ciclos naturales de energía y nutrientes desaparecen.

Foto: explotación ganadera en el valle de San Joaquín (California, EEUU).

Salvo en casos extremos no muy extendidos, la agricultura y la ganadería dependen del suelo y de los condicionantes naturales de cada región y originan entornos que conservan en mayor o menor grado características propias de los ecosistemas preexistentes y circundantes. Sin embargo, por definición, se trata de actividades que persiguen lograr el máximo desarrollo de ciertas especies rompiendo el equilibrio natural a su favor y eliminando a cuantas otras pudieran comprometer su rendimiento. A ello hay que añadir además que se trata de las actividades humanas que requieren superficies más amplias. Todo lo anterior explica que su continua extensión a lo largo de los últimos diez mil años haya sido la causa de las mayores transformaciones que ha conocido la Biosfera desde su origen.

Los datos propuestos por las distintas fuentes varían mucho pero se estima que más de la mitad de la superficie terrestre se dedica a los diversos tipos de actividades agrarias: 25% del total sería objeto de aprovechamiento ganadero, 15% estaría ocupado por plantaciones forestales y 12% por cultivos.



Los monocultivos practicados en campos abiertos suelen acompañarse del uso de abundantes agroquímicos y pesticidas. En estos ambientes la elevada producción anual de fitomasa contrasta llamativamente con una biodiversidad extremadamente baja.

Foto: cultivos en Castrillo Tejeriego (Valladolid, España).

La expansión de los agroecosistemas se ha verificado a costa de los sistemas naturales produciendo una importante pérdida de superficie de éstos últimos y la desaparición de muchos de ellos. Sin embargo, esta expansión no se ha producido de manera aleatoria sino que se ha verificado en “mancha de aceite”, irradiando a partir de sus focos iniciales, y de forma selectiva, ocupando los suelos y emplazamientos más productivos. De ahí que en las viejas regiones agrarias los entornos mejor conservados hayan quedado relegados a las áreas más desfavorables, generalmente de montaña, y que lo que hoy conocemos de algunos biomas podrían no ser más que sus facies más marginales.

Por otra parte, la expansión de la superficie agraria ha supuesto la fragmentación del territorio ocupado por formaciones naturales en unidades cada vez más pequeñas. De este modo, en lugar de formar un continuo en el que los cambios asociados al clima o a los demás factores ambientales se van manifestando de manera progresiva, estos territorios “naturales” van quedando reducidos a manchas aisladas rodeadas por superficies controladas por procesos antrópicos y separados de ellas por fronteras muy netas (y, por tanto, difíciles de atravesar). La consecuencia de esta fragmentación y de la desaparición de los ecotonos (zonas de transición) naturales es que cada una de estas manchas se comporta como una isla biogeográfica incapaz de sostener a largo plazo la misma biodiversidad que el entorno inicial. El proceso de fragmentación y de aislamiento de las especies en estas islas implica una inexorable pérdida de biodiversidad.



La cuenca mediterránea acoge formas de aprovechamiento que, por su antigüedad y por basarse en especies generalmente autóctonas, están muy bien integradas con el medio natural y resultan imprescindibles para la conservación de la biodiversidad.

Foto: zona de Micenas (Grecia).

8.2 LA VIDA EN LAS CIUDADES

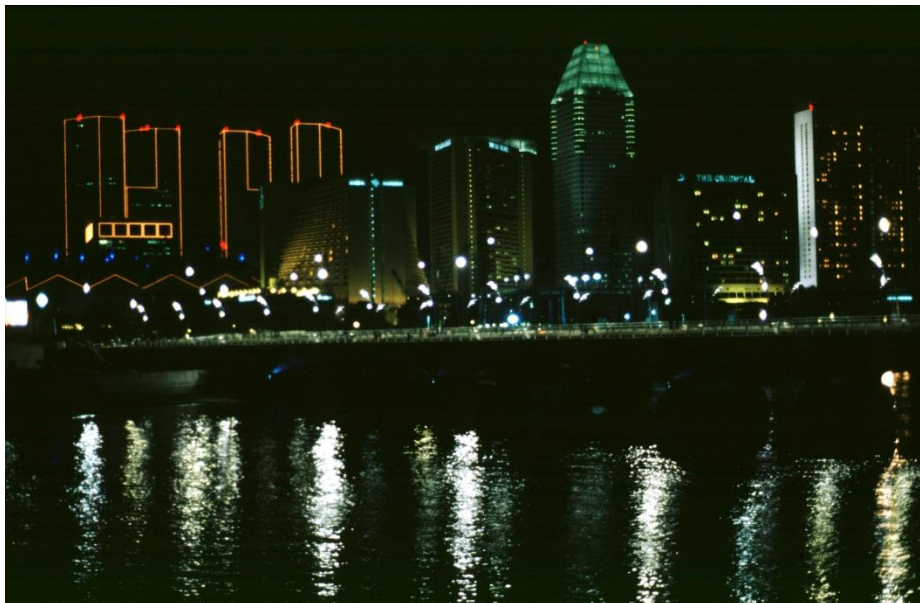
Las ciudades constituyen los medios artificiales por antonomasia. En ellas no se persigue explotar unos recursos bióticos ligados al territorio, como ocurre en los espacios agrarios, sino crear un entorno perfectamente controlado a medida de las necesidades residenciales y sociales humanas. De ahí que, hasta una época muy reciente, el crecimiento de las ciudades haya ignorado su entorno natural tratando incluso de erradicar los organismos “salvajes” que aparecían en ellas y que se consideraban como causantes de molestias.

El grado de diferenciación ambiental entre las ciudades y sus entornos respectivos varía en función de tres parámetros normalmente relacionados entre sí: el número de habitantes, la extensión superficial y, sobre todo, la densidad de la edificación.

En general, el urbanismo tradicional de “tipo europeo” y “árabe” así como los recientes desarrollos asiáticos han dado lugar a ciudades densas, con pocos espacios verdes intersticiales y con un fuerte crecimiento en altura. Además, sus límites externos han sido muy netos hasta época reciente originando fronteras difíciles de traspasar por las especies salvajes (aunque a lo largo de las últimas décadas se han difuminado rápidamente dando paso a una amplia franja periurbana mucho más permeable).

En contraste, las poblaciones nórdicas o de los países jóvenes anglosajones (EEUU, Australia...) presentan una densidad edificatoria y de población muy bajas. La abundancia de viviendas unifamiliares con jardín, cuando no directamente construidas en el bosque, la anchura de los viales, la existencia de amplias zonas verdes, unos límites exteriores extremadamente difusos e, incluso, un nivel generalmente mayor de conciencia medioambiental contribuyen a dar a estas ciudades un aspecto mucho “más natural” y facilitan su colonización por las especies locales.

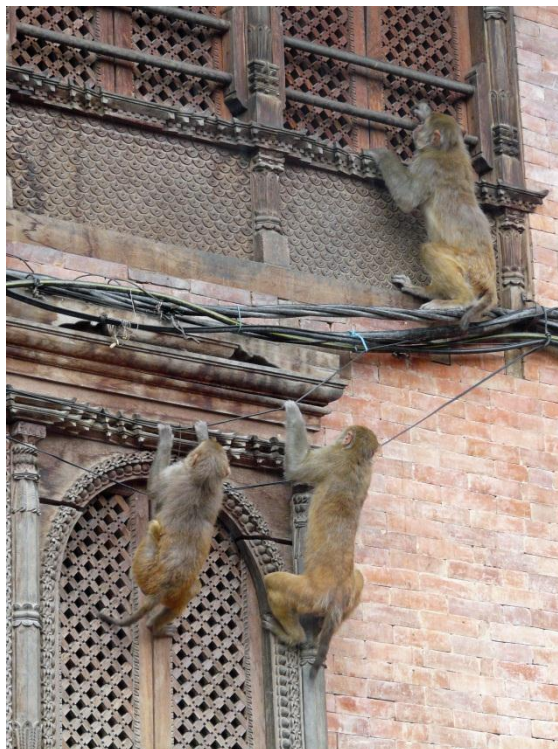
También intervienen el nivel de riqueza y diversos factores culturales: en las regiones más desfavorecidas las calles y caminos están sin asfaltar, las cunetas aparecen colonizadas por vegetación ruderal y abundan los vertederos o acumulaciones de residuos que nadie recoge. Todos esos hechos favorecen la presencia de plantas y animales salvajes y una mejor conexión entre los ecosistemas urbanos y rurales circundantes.



Las ciudades son ambientes creados de manera totalmente artificial y de los que se intenta excluir cualquier especie considerada como “indeseable” por el ser humano

Foto: “Skyline” de Singapur.

Por otra parte, la existencia de plantas o animales en libertad se tolera de distinta manera según la cultura y nivel de formación. En los países de religión hinduista, por ejemplo, la presencia de animales no está mal vista y es habitual que las ciudades, templos y parques alberguen poblaciones estables de monos, ratas o rapaces que se desenvuelven con absoluta tranquilidad a la vista de todo el mundo sin que ello se considere extraño.



El grado de aceptación de las distintas especies depende de la cultura y en algunas regiones del mundo los animales no domésticos son bien tolerados en las ciudades pese a producir inconvenientes o daños considerables en los bienes materiales.

Foto: monos rhesus jugando con los cables de una vivienda en Katmandú (Nepal).

En las poblaciones más pequeñas depende también de su base económica ya que mientras que las aldeas suele integrarse bien entre los agroecosistemas circundantes, los pequeños núcleos industriales o mineros suelen estar más diferenciados y originar ambientes propios menos favorables para las especies rurales. No obstante, en todos los casos, los edificios abandonados, los graneros, pajares o almacenes de todo tipo y los viejos campanarios suelen ser refugio de algunas especies que llegan a preferir estos emplazamientos a los suyos de origen. De este modo, la imagen de un buen número de aves (cigüeña, lechuza u otras rapaces nocturnas, diversos córvidos...), murciélagos, roedores... resulta hoy indisociable del ambiente habitual de los pueblos.

Hasta época reciente dominaba la idea de que las ciudades eran incompatibles con la vida salvaje y se consideraba que las especies no domésticas presentes en ellas eran o bien residuales y destinadas a desaparecer o bien oportunistas viviendo a expensas de los humanos y, por tanto, huéspedes gorriones más o menos inevitables. Sin embargo, esta visión es demasiado simplista y en los últimos años ha cambiado bastante.

Nadie discute que la extensión del tejido urbano y de las grandes infraestructuras asociadas a él produce un fuerte impacto en la biodiversidad e interfiere gravemente en los ciclos y procesos naturales de toda la región en la que se producen. Sin embargo las ciudades, lejos de ser los entornos uniformes y prácticamente abióticos que se tiende a pensar, contienen una notable diversidad de microhábitats

perfectamente diferenciados (parques, jardines domésticos, cementerios, orillas de ríos, arroyos o estanques, campos de deportes, edificios, interiores de las viviendas, polígonos industriales, redes subterráneas, vertederos...) y cada uno de ellos acoge a un buen número de especies de animales y plantas tanto especializadas como generalistas. Aunque pasa bastante desapercibida, la vida es omnipresente y bastante variada en las ciudades.

En Zurich se han inventariado 1211 especies de plantas, tanto autóctonas como importadas, cifra que es aproximadamente el doble de la normal en las comarcas agroforestales circundantes. Ello se explica por la gran diversidad de los hábitats existentes en la ciudad frente a la relativa monotonía de los entornos agrarios.

Un hecho muy interesante que merece ser destacado es que las especies que se instalan en las ciudades no son siempre las más comunes y extendidas ya que frecuentemente se encuentran entre ellas muchas de las que son objeto de especial protección o aparecen incluidas en los "Libros Rojos". Paradójicamente, algunas se encuentran amenazadas por no haber sido capaces de soportar la presión humana en el medio rural pero en la ciudad, donde los condicionantes y relaciones interespecíficas cambian, esas especies encuentran a veces un cómodo refugio.



A medida que las ciudades crecen las especies preexistentes van desapareciendo lo que muchas personas perciben como pérdidas a pesar de que su presencia en los ecosistemas urbanos es insostenible y de que otras especies más adaptadas a ellos ocupan rápidamente los nichos vacantes.

Foto: placa instalada en Paris para llamar la atención sobre la pérdida de especies en el medio urbano.

La especificidad de los ecosistemas urbanos

Las ciudades son medios originales en los que conviven animales y plantas formando complejas biocenosis y donde existen flujos de materia y energía, peculiares pero muy importantes. Pueden, por tanto, considerarse como ecosistemas pese a su origen artificial y al hecho de que los productores primarios, los consumidores y los descomponedores no mantienen entre sí las relaciones que cabría esperar en el medio natural.

Las ciudades presentan diferencias significativas respecto a su entorno en relación con varios factores determinantes para la vida:

- Las temperaturas son considerablemente más altas que en el medio rural. En las grandes urbes de las latitudes medias las diferencias alcanzan sus máximos valores durante las noches de invierno, cuando los centros de las ciudades pueden llegar a registrar 5 a 10°C más que la periferia, pero el efecto se produce durante todo el año de forma que en verano las máximas suben 1 ó 2°C por encima de la media regional.
- El viento se reduce considerablemente pese a la posible aparición de brisas urbanas. De este modo, las situaciones de calma son mucho más frecuentes.
- La abundancia de partículas en suspensión favorece la formación de nieblas, que aumentan significativamente, y de “smog” restando transparencia a la atmósfera, reduciendo la radiación solar y retroalimentando el calentamiento.
- Aumenta el número de tormentas y de chubascos violentos susceptibles de generar pequeñas inundaciones.
- La hidrología adquiere caracteres propios asociados a una circulación muy rápida del agua y a la práctica desaparición de la infiltración y del almacenamiento subterráneo. Salvo en los momentos de lluvia o niebla, los entornos urbanos son mucho más secos que los naturales.
- Las extensiones ocupadas por verdadero suelo son muy escasas y generalmente son objeto de un manejo intensivo (jardinería) que dificulta la instalación espontánea de plantas. La mayor parte de la superficie está pavimentada o muy compactada y desde el punto de vista biológico se comporta del mismo modo que las superficies rocosas (es el caso de las aceras, muros, cubiertas de edificios, etc).
- Gran parte de la superficie de las ciudades está sometida a un continuo pisoteo o al paso de los vehículos lo que restringe mucho las posibilidades de la mayoría de las plantas y animales.



El microclima de las ciudades es más cálido que el de su entorno por lo que durante el invierno muchas especies acuden a ellas para protegerse del frío.

Foto: Jardin des Tuileries (Paris, Francia).

Los ciclos biogeoquímicos presentan importantes peculiaridades derivadas, sobre todo, del control que ejerce el ser humano sobre los flujos de materia y energía. La producción primaria es muy reducida y es desechada por la gran mayoría de los organismos consumidores (las personas que viven en las ciudades) cuya enorme biomasa sólo puede mantenerse gracias a los recursos generados en otros lugares (principalmente en los agroecosistemas). A su vez, los residuos generados por los productores primarios y los consumidores se exportan para ser tratados o destruidos fuera de la ciudad por lo que tampoco se restituyen al medio de forma natural. De ahí que el ecosistema urbano sea abierto y sólo se pueda mantenerse mientras existan los mencionados trasvases artificiales de materia y energía.

Los flujos generados por la importación- distribución- almacenamiento- manipulación- evacuación de los alimentos y residuos humanos son muy rápidos y totalmente ajenos a la dinámica natural y a los habitantes salvajes de las ciudades. Sin embargo no son totalmente cerrados y es inevitable que una pequeña parte de la materia que circula a través de ellos se desvíe escapando del control humano. El porcentaje de los que se “pierden” de este modo es muy pequeño aunque representa un enorme aporte de materia orgánica susceptible de ser aprovechado por las plantas y animales. De este modo, las especies urbanas capaces de beneficiarse de ellos van a tener a su alcance una abundante cantidad de recursos tróficos mucho más fáciles de obtener que en el medio natural.

Los hechos mencionados hasta aquí tienen una gran incidencia en el medio biótico y bastan para imposibilitar la presencia de muchas especies. Sin embargo, a otras les beneficia el entorno urbano,

- por su microclima o particularidades físicas,
- por mantener con los humanos relaciones que les resultan favorables (generalmente de explotación, comensalismo o inquilinismo)
- por encontrar en ellas un refugio adecuado frente a sus depredadores u otros factores de estrés natural
- bien, por fin, por resultar gratas a los habitantes de la ciudad y ser activamente mantenidas y protegidas por ellos (caso de las plantas ornamentales o de jardinería).



La abundancia de alimento y la falta de enemigos naturales permiten a algunas especies multiplicarse de manera explosiva o agruparse en enormes bandadas en el interior de las ciudades dando lugar a plagas difíciles de erradicar.

Foto: bandada de estorninos en Santiago de Compostela (Galicia, España)

De ahí que, como ya se ha dicho más arriba, las biocenosis urbanas sean muy complejas y obliguen a convivir y a competir por los recursos a

- poblaciones relictas de especies autóctonas que logran sobrevivir dificultosamente pese al perjuicio causado por la alteración de sus ecosistemas,
- especies locales que encuentran condiciones favorables en la ciudad,
- taxones oportunistas o exóticos, que algunas veces se acaban convirtiendo en invasores, frecuentemente liberados irreflexivamente por personas que se aburren de sus mascotas y que se acomodan fácilmente aprovechando la existencia de nichos ecológicos vacantes,
- animales domésticos que se han vuelto vagabundos y que sin perder el miedo a las personas recuperan pautas de comportamiento de sus antepasados salvajes (perros, gatos...)
- animales no estrictamente urbanos pero que en sus divagaciones pueden frecuentar la ciudad o se refugian esporádicamente en ella.

Para poder sobrevivir, todos los organismos instalados en las ciudades han tenido que adaptarse a ellas adquiriendo rasgos o comportamientos propios que les han ido diferenciando progresivamente del resto de sus congéneres. El hecho es particularmente patente en el caso de los animales que son muy versátiles gracias a su inteligencia y capacidad de desplazamiento y a su mayor parecido biológico con los humanos.

Ello justifica que el resto del presente capítulo se dedique a la fauna, mucho mejor estudiada que la flora espontánea de las ciudades. No obstante, salvadas las inevitables diferencias entre animales y plantas, las leyes generales que se van a describir son comunes a ambos grupos.



El medio urbano es muy hostil para la mayoría de las especies aunque las más resistentes pueden prosperar bien en ellas gracias a la falta de competencia.

Foto: plantas creciendo sin suelo y soportando el aire caliente y la falta de agua en una rejilla de ventilación del Metro de Madrid.

La diferenciación entre las poblaciones residentes en las ciudades y en el medio natural no sólo tiene que ver con el comportamiento ya que la incomunicación y el proceso de selección natural inducido por la situación de estrés a la que están expuestas las especies favorecen una rápida deriva genética. Así, por ejemplo, se ha podido demostrar la existencia de diferencias significativas tanto genéticas como en el comportamiento social entre los zorros instalados en las ciudades y los campestres.

Un ejemplo particularmente llamativo de esta adaptación a los hábitats urbanos la proporciona el “mosquito del metro de Londres” (*Culex molestus*), especie localizada por primera vez en dicho lugar y que, posteriormente, ha sido observada en otros metros de todo el mundo a los que ha sido trasladado involuntariamente, probablemente durante su fase larvaria, por los propios viajeros o instalado en sus mercancías. El mosquito del metro de Londres evolucionó a partir de *Culex pipiens*, un mosquito que aparece en verano y que vive al aire libre donde sólo pica a las aves. Una vez instalado bajo tierra, donde se beneficia de altas temperaturas que le permiten permanecer activo todo el año, el mosquito tuvo que modificar su dieta y sustituyó la sangre de las aves por la de las ratas, ratones y personas. La diferenciación genética es tal que, en la actualidad, la reproducción entre ambos tipos de mosquitos, el exterior y el del metro, genera una descendencia infértil (criterio que suele utilizarse para considerar que se trata de especies distintas).

La distribución de la fauna no doméstica en las ciudades

La vida en las ciudades cambia muy deprisa como consecuencia tanto de la evolución de las actividades humanas como de la continua llegada y progresivo acomodo de los distintos taxones. Es normal que una nueva especie tenga al principio grandes dificultades para instalarse y que permanezca durante bastante tiempo en un único emplazamiento o distribuida por una superficie muy reducida. Sin embargo si esa especie logra encontrar un nicho ecológico y un hábitat favorable, iniciará una expansión cada vez más rápida que puede acabar convirtiéndose en una verdadera invasión y expulsando a la fauna preexistente. De ahí que las áreas de distribución de las especies urbanas sean muy cambiantes en el tiempo.



La flora y la fauna de las ciudades se enriquecen con la continua llegada de nuevos taxones que, caso de tener éxito, forman rápidamente poblaciones muy numerosas. Las cotorras procedentes de la liberación o fuga de mascotas se están instalando en todas las ciudades europeas donde muestran un comportamiento muy intrusivo y generan problemas sanitarios e incómodos ruidos.

Foto: cotorras compartiendo el territorio de las palomas en la Casa de Campo de Madrid (España).

Las ciudades contienen hábitats muy diversos y la mayoría de los animales se especializan en alguno de ellos de manera que, aunque no siempre lo percibamos, el espacio urbano está muy bien repartido entre sus distintos habitantes.

Los edificios alineados del centro de las ciudades proporcionan hábitats relativamente comparables a los de los acantilados y cantiles rocosos y pueden albergar completos ecosistemas. Los más ricos aparecen sobre las construcciones tradicionales (uso de mampostería o ladrillo, cubiertas de teja, presencia de aleros y terrazas, chimeneas de obra, etc) en los que existen muchos recovecos y formas que facilitan la existencia de pequeños charcos de agua, el crecimiento de raíces o la colocación de nidos. En cambio, los edificios “contemporáneos” con fachadas planas de vidrio y acero y asépticas cubiertas horizontales que se aprovechan como terrazas para diversos usos ofrecen muy pocas oportunidades a los seres vivos y conllevan una inmediata pérdida de biodiversidad.



Muchas especies colonizan con facilidad los tejados o recovecos de las edificaciones y encuentran en las ciudades un hábitat que puede serles incluso más cómodo que los disponibles en el medio natural.

Foto: tórtola encubando en el hueco de una ventana en Yazd (Irán).

Tal como ocurre en los afloramientos rocosos, los primeros organismos que se instalan sobre los tejados en las regiones templadas de latitudes medias son los líquenes a los que rápidamente se unen musgos en los canalones o posiciones más húmedas. Posteriormente irán apareciendo diversas plantas capaces de soportar las temperaturas extremas, situaciones de intensa sequedad y pobreza de nutrientes de los tejados tales como el ombligo de Venus (*Umbilicus rupestris*), la uña de gato (*Sedum album*) o incluso algunas gramíneas. En las regiones más lluviosas pueden

aparecer también varios tipos de helechos. Estas comunidades atraen rápidamente a una variada microfauna (hormigas, mosquitos, arácnidos, ácaros...) que, a su vez, actúa de reclamo para ciertos reptiles (lagartijas, gecos...) y aves.

Evidentemente, las verdaderas dueñas de las alturas son las aves de las que numerosas especies anidan sobre en los tejados y cornisas. Entre las más habituales destacan el gorrión común (*Passer domesticus*), el más “urbano” de los pájaros, la golondrina (*Hirundo rustica*), vencejo (*Apus apus*), avión común (*Delichon urbicum*), diversos estorninos (*Sturnus spp*), palomas (*Columba spp*), gaviotas e incluso algunas rapaces como los halcones o cernícalos. La presencia de aves sobre los tejados contribuye a enriquecer estos ecosistemas al proporcionar los nutrientes contenidos en sus deyecciones y dar cobijo en sus nidos a otros muchos animales (pulgas, ácaros, coleópteros...)

En general, las aves urbanas coexisten sin dificultad ya que no compiten entre sí al explotar nichos diferentes. No obstante, algunas especies son depredadoras (o han adquirido rasgos depredadores) y se alimentan de otras.

Algunas de estas aves viven en nuestras ciudades desde muy antiguo. Es el caso de las palomas que aparecen citadas en Londres en el siglo XIV, o del gorrión común que ha aprendido a alimentarse de casi cualquier cosa y que es mucho más abundante en los medios urbanos que en los rurales. Generalmente estas aves despiertan simpatía y son alimentadas por las personas que les echan pan o grano aunque, en la práctica, estos animales encuentran fácilmente alimento en mercados, cunetas y contenedores de residuos o robándoselos a las personas y están sobrealimentados. Sin embargo, el listado no deja de crecer y continuamente se están incorporando a él nuevas especies. Así, a lo largo del último medio siglo numerosas ciudades europeas han presenciado la llegada e instalación aparentemente definitiva de estorninos, cernícalos, cotorras, gaviotas, tórtolas turcas u otras aves que pueden llegar a formar grandes bandadas causando entonces importantes molestias e incluso daños materiales en los edificios o mobiliario urbano.



Los parques y jardines son muy favorables a la instalación de roedores o aves que suelen “caer simpáticos” y forman poblaciones importantes contando con la ayuda humana.

Foto: ardilla en los jardines del Palacio de La Granja (Segovia, España).

Las zonas ajardinadas (a las que pueden unirse bosques urbanos, riberas fluviales, etc.) son áreas privilegiadas ya que cuentan con suelo, agua así como una humedad superior a la del resto de la ciudad y, en conjunto, una cierta diversidad de microhábitats. Además, pese a ser artificiales y sufrir una fuerte presión humana, se crean o mantienen con el objeto de permitir a los ciudadanos un contacto con la naturaleza (o al menos con un remedo de la misma) y, por tanto, a acoger vida. Gracias a ello, son el refugio de muchas plantas autóctonas, que suelen mezclarse con otras importadas, y albergan una fauna bastante variada que, dependiendo de las regiones, puede incluir diversos ratoncillos (*Mus*, *Apodemus*, etc), lirones (*Glis glis*), ratas gris y negra (*Rattus norvegicus*, *R. rattus*), erizos (*Erinaceus europaeus*), ardillas, conejos (*Oryctolagus cuniculus*), zorros (*Vulpes spp*) y, siempre, un buen número de gatos callejeros (*Felis silvestris catus*) que suelen adquirir un comportamiento social, formar colonias muy jerarquizadas y convertirse en los más eficaces depredadores terrestres. Junto a todos estos mamíferos aparecen también algunos pocos reptiles, insectos (un grupo que pierde mucha biodiversidad en las ciudades a causa del uso de insecticidas y de su frecuente intolerancia a la contaminación) y, sobre todo, abundantes aves, muchas de ellas distintas de las que residen en los edificios: lavanderas (*Motacilla spp*), mirlos (*Turdus merula*), carboneros (*Parus major*), petirrojos (*Erithacus rubecula*), etc.



Las ciudades siempre han contado con jardines, enclaves artificiales en los que se recrea una naturaleza idealizada y sin inconvenientes y en los que siempre se ha tolerado la presencia de algunos animales y plantas semisalvajes. Por eso constituyen enclaves privilegiados para las especies autóctonas

Foto: representación de un jardín en un fresco de la XVIII dinastía en Tebas (Egipto). Imagen de dominio público disponible en http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Pond_in_a_garden.jpg.

Los solares sin uso y antiguos campos de cultivo abandonados desempeñan un papel parecido al de los parques aunque su vegetación incluye un mayor número de taxones ruderales, oportunistas y, ahí donde se han acumulado basuras y restos orgánicos, nitrófilos. Además, son muy favorables a la instalación de plantas invasoras y pueden aparecer completamente recubiertos por ellas.

Pero las distintas formas de vida no se limitan a colonizar los espacios abiertos ya que los interiores de los edificios también acogen a numerosos organismos (por supuesto, nos estamos refiriendo a seres no introducidos voluntariamente por las personas, tales como las mascotas o las plantas de interior, aunque éstos sean frecuentemente la “puerta de entrada” de huéspedes indeseados).

Estos ambientes, totalmente artificiales y sometidos a una continua e intensa presión humana, son extremadamente difíciles de colonizar por la vida salvaje que debe superar inconvenientes tan importantes como la escasez o falta de luz durante la mayor parte del tiempo, la inexistencia de suelo y de recursos nutritivos “normales” y la práctica desaparición de los ciclos diurnos o estacionales naturales. Además, por supuesto, exigen a los organismos la capacidad de resistir toda la panoplia de recursos utilizados por los humanos para deshacerse de ellos: animales domésticos, trampas, repelentes, venenos, etc. Sin embargo, los que son capaces de superar estos obstáculos pueden, a cambio, disfrutar de considerables ventajas tales como altas temperaturas durante todo el año, abundancia de posibles alimentos y ausencia, o práctica ausencia, de depredadores.

Estas limitaciones impiden la presencia de plantas espontáneas pero no la de animales, hongos y diversos microorganismos que, tal como ocurre a la escala del conjunto de la ciudad, se distribuyen desigualmente por los distintos biotopos domésticos.

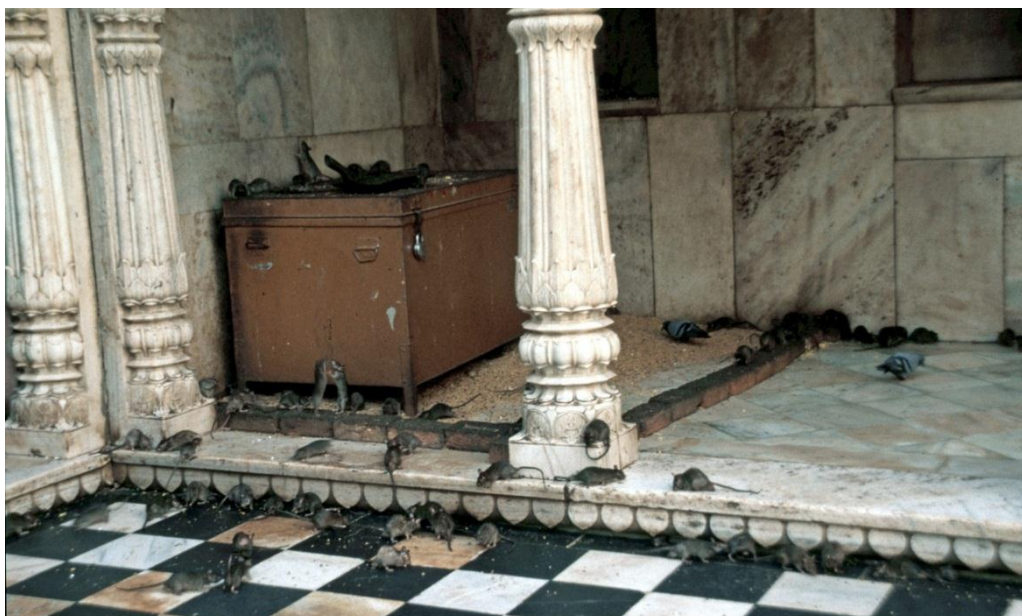


El interior de las viviendas constituye el territorio privilegiado de las especies domésticas pero también alberga abundantes parásitos (aportadas frecuentemente por ellas) o animales que viven a expensas de los alimentos y recursos proporcionados por el ser humano.

Los principales inquilinos de los espacios habitados por las personas son insectos y ácaros que se alimentan de la madera de los muebles y vigas (termitas...), de los alimentos almacenados para uso humano o de sus restos (cucarachas, gorgojos de la harina, gusanos...), del papel y cartón (pececillos de plata...), de las fibras textiles naturales (polilla...) o, incluso, del polvo doméstico (ácaros) aunque no es rara la presencia junto a ellos de algunos micromamíferos, como los ratones o los lirones. Además, es habitual encontrar en las casas moscas, que acuden desde el exterior atraídas por la abundancia de alimentos, mosquitos y diversos parásitos de los humanos o de sus mascotas (pulgas, chinches, piojos...).

Los sótanos, trasteros y garajes constituyen un hábitat distinto del anterior ya que suelen permanecer casi todo el tiempo a oscuras, sufren cambios de temperatura más importantes y ofrecen más tranquilidad y recursos alimenticios (sobre todo cuando se utilizan como despensas). El ambiente, que resulta ideal para los hongos (mohos...) es también frecuentado por cochinillas, arañas y numerosos ácaros. Sin embargo, los animales más problemáticos de este hábitat son los roedores: ratones y, sobre todo, ratas.

Las ratas son muy abundantes en las ciudades donde normalmente superan en número a las personas. La rata negra (*Rattus rattus*) fue la primera en llegar y ha estado explotando los ambientes urbanos desde la antigüedad causando graves pérdidas y problemas de salud a sus habitantes (se considera, por ejemplo, que la rata fue el vector de la peste bubónica que causó la muerte a una tercera parte de los habitantes de Europa en el siglo XIV). Sin embargo, a partir de la Edad Media, esta especie fue desplazada por la rata gris o de alcantarilla (*Rattus norvegicus*) que se expandió en aquella época y que es mucho más agresiva. Desde entonces la primera, que es una excelente trepadora, ocupa las partes altas de los edificios y se ha extendido hacia la periferia de las ciudades mientras que la segunda se ha adueñado de los sótanos e infraestructuras subterráneas de donde resulta prácticamente imposible de desplazar por sus excepcionales cualidades, inteligencia y fortaleza.



Las ratas, que son inteligentes, muy fuertes y poseen una notable capacidad reproductiva, se han convertido en uno de los habitantes más conspicuos de todos los ambientes humanizados y uno de los que producen mayores problemas económicos y sanitarios

Foto: ratas en el templo de Karni Mata (Deshnok, India).

Los demás hábitats urbanos y periurbanos (áreas industriales, infraestructuras, vertederos, aguas dulces...) también albergan sus faunas y floras característicos tal como lo hacen los tejados, parques o interiores de viviendas. Sin embargo la descripción de todos ellos resultaría reiterativa y no va a ser incluida ya que bastan los ejemplos desarrollados hasta aquí para obtener una idea de conjunto de la especificidad de los ecosistemas urbanos, objetivo que se persigue con estas páginas.

8.3 ESPECIES VIAJERAS Y ESPECIES INVASORAS

Las áreas de distribución de las especies cambian continuamente por razones naturales y mientras que las de ciertos taxones se expanden las de otros se contraen o se fragmentan en un lento y continuo reajuste que afecta al conjunto de la biosfera. Sin embargo, en la actualidad, estos lentos cambios naturales están quedando eclipsados por otros de origen humano, muchísimo más rápidos y masivos, que están permitiendo a numerosas especies irrumpir en nuevos territorios causando graves transformaciones en sus ecosistemas, importantes daños económicos o incluso situaciones de riesgo para la salud humana.

En sentido estricto el fenómeno de las bioinvasiones no es nuevo ya que forma parte de los procesos de expansión de las nuevas especies. Sin embargo su intensidad actual si lo es ya que los humanos nos desplazamos cada vez más y, al hacerlo, trasladamos a diario voluntaria o involuntariamente millares de seres vivos o propágulos de unas regiones a otras de la tierra.

El traslado de taxones por los grupos humanos se ha estado produciendo desde hace millares de años a través, principalmente, de la diseminación de las especies cultivadas y de las que aparecen asociadas a ellas (parásitos, “malas hierbas”...).

Con posterioridad el fenómeno no ha cesado de aumentar y de diversificarse: posesión de especies exóticas como forma de demostrar un status social, para embellecer jardines o para formar colecciones (enseñanza, investigación, museos...).



Numerosas especies han sido trasladadas de unas regiones a otras a lo largo de la historia por su interés económico. Muchas de ellas han desaparecido tras abandonarse su uso, pero otras se han naturalizado o incluso han adquirido un comportamiento invasivo y hoy constituyen plagas.

Foto: *Mesembryanthemum cristalinum*, planta procedente del sur de África que se importó para la producción de sosa y que hoy invade amplias áreas de Canarias.

En general este incremento ha sido paulatino aunque los investigadores destacan dos periodos particularmente críticos por la intensidad del trasiego de especies y por los impactos ambientales causados por él:

- El siglo XVI, tras el inicio de los intercambios entre Europa, América e, inmediatamente, África.

- Los años posteriores a la Revolución Industrial como consecuencia de la construcción de una densa red de canales, carreteras y vías de ferrocarril.

Durante estos periodos numerosas especies fueron trasladadas consciente o inconscientemente de un continente a otro y muchas de ellas se instalaron irreversiblemente en los ecosistemas produciendo importantes alteraciones en su funcionamiento.

Sin embargo, durante las últimas décadas hemos entrado en una nueva etapa en cuanto a magnitud y diversidad de las invasiones biológicas. Las personas y mercancías circulan hoy a través del mundo en proporciones y a un ritmo sin precedentes y, con ellas, lo hacen también un gran número de organismos. De este modo, se ha observado un aumento exponencial del número de especies exóticas e invasoras a lo largo de las últimas décadas: en Europa se estima que las especies invasoras causantes de impactos ambientales o económicos podrían ser ya cerca de un millar. De estas, el 80% de las de invertebrados acuáticos, 75% de los peces, 65% de las de insectos o 60% de los hongos se habrían instalado después de 1950.

Los “motores” básicos de esta intensificación del traslado de especies son el comercio (que hoy tiene carácter mundial), el turismo de masas y el tráfico legal o ilegal de animales y plantas.



En un primer momento las especies invasoras "no son conocidas" por las autóctonas por lo que carecen de enemigos naturales capaces de limitar su expansión y pueden formar masas muy densas.

Foto: *Oxalis pes-caprea*, planta invasora de las regiones mediterráneas tapizando el suelo desnudo de un olivar.

Algunos organismos exóticos pueden ser trasladados voluntariamente a través del comercio de especies (agricultura, jardinería, animales de compañía...) o de la simple recolección de “recuerdos” pero, con mucha mayor frecuencia, el desplazamiento pasa desapercibido y las especies viajeras son pasajeras involuntarias de nuestros medios de transporte o se limitan a aprovechar nuestras infraestructuras como, por ejemplo:

Alguno de los 50.000 buques mercantes que surcan continuamente los océanos y que, frecuentemente, utilizan como lastre agua del mar (que es cargada en un punto y descargada en otro, a veces a miles de kilómetros de distancia). Así, miles de especies son trasladadas diariamente a través del mundo gracias a

- los aviones, aprovechando el equipaje, las suelas o la ropa de los 5.000 millones de viajeros que anualmente utilizan este modo de transporte o, simplemente, introduciéndose en las bodegas o cabina de las naves cuando estas se encuentran abiertas en la pista.
- los vehículos privados (barro adherido en los bajos de los coches o en el dibujo de las ruedas...).
- los túneles o canales que permiten superar lo que hasta ese momento eran obstáculos infranqueables (por ejemplo, el canal de Suez ha propiciado la llegada e instalación de numerosas especies tropicales en el Mediterráneo oriental).

La globalización no sólo ha supuesto una intensificación de la relación entre las distintas regiones de la tierra (y, por tanto, el citado transporte de organismos) sino que ha acortado prodigiosamente el tiempo necesario para ello. Los aviones recorren en algunas horas trayectos que hasta hace medio siglo requerían meses y eso ha incrementado las posibilidades de supervivencia de los organismos “polizones”. Hasta hace un siglo los taxones que lograban sobrevivir a un largo viaje eran muy pocos y, de éstos, sólo un reducidísimo porcentaje conseguían establecerse en el nuevo territorio por lo que la probabilidad de que alguno de ellos adquiriera un carácter invasor era insignificante. En cambio, en la actualidad los viajes se han vuelto muy fáciles para muchas especies y su transporte se ha hecho masivo por lo que las probabilidades de aparición de poblaciones permanentes en las regiones de destino han aumentado en la misma proporción.

Pero, además, estamos facilitando el fenómeno de las bioinvasiones ya que no sólo favorecemos una diseminación explosiva de individuos de todas las especies sino que también facilitamos su instalación en las áreas de acogida al perturbar los ecosistemas (lo que les hace más vulnerables frente a la irrupción de nuevos taxones) o al causar un cambio de clima planetario. Gracias a ello, numerosas especies tropicales o subtropicales ausentes del subcontinente europeo encuentran hoy condiciones climáticas compatibles con sus requerimientos y nichos ecológicos sin explotar.

La erradicación de las especies invasoras es extremadamente difícil y costosa y, en la mayor parte de los casos, su instalación a costa de las especies autóctonas es irreversible. De ahí que sea necesario prepararse ante una situación nueva, sin precedentes reales, de “globalización ambiental” y progresiva uniformización de los ecosistemas.

Las invasiones biológicas alteran gravemente el equilibrio de los ecosistemas y suelen por ello considerarse como una de las mayores amenazas para la biodiversidad terrestre aunque la situación actual no tiene precedentes y, en realidad, genera muchos más interrogantes que certezas. Por ejemplo, no sabemos hacia qué tipo de biosfera conduce este desplazamiento masivo de especies fuera de sus territorios de origen o, incluso, desconocemos el alcance del posible efecto pernicioso a largo plazo de los nuevos taxones (es preciso tener en cuenta que los desplazamientos siempre han existido y que los ecosistemas actuales incorporan muchísimas especies procedentes de otros sitios y que, en su origen, eran exóticas).

El fenómeno de las invasiones biológicas empezó a preocupar a la comunidad científica hacia los años 80 y, desde entonces, existe un amplio consenso sobre su peligrosidad considerando que constituyen una de las principales causas de las extinciones actuales. Según se cree, las invasiones biológicas serán la causa de una pérdida global de biodiversidad y de una progresiva simplificación y homogeneización de los biomas terrestres que quedarán dominados por un reducido número de especies oportunistas y muy adaptables que, tras suplantar a las preexistentes, aparecerán y darán lugar a ambientes similares en todas las regiones del mundo en lo que algunos han denominado un proceso de “macdonaldización” ambiental.

Algunos ejemplos de especies invasoras presentes en la región cantábrica			
Especie	Origen, propagación, primeras referencias	Medios afectados	Impacto
“Plumero” (<i>Cortaderia selloana</i>).	América del Sur Transporte marítimo-jardinería (principio del siglo XX, invasora desde la década de los 70 en Cantabria). Anemófila	Prados, cunetas, espacios abiertos	Desplazamiento de especies locales formando densas masas monoespecíficas, fuerte impacto visual.
Ostra japonesa (<i>Crassostrea gigas</i>).	Asia oriental Introducida para ostreicultura (h. 1970)	Litoral y estuarios	Desplazamiento de especies locales, forma masas de hasta 1000 individuos/ m2. Lesiones a los bañistas.
Hormiga de jardín (<i>Lasius neglectus</i>)	Asia Menor Medios de transporte terrestres (a partir de 1973)	Áreas urbanas y periurbanas, espacios abiertos	Forman supercolonias que eliminan a las hormigas locales. Plaga doméstica, daños en instalaciones eléctricas.
Mariquita asiática (<i>Harmonia axyridis</i>)	Sudeste asiático Importada para el control biológico de plagas. Comportamiento invasivo desde 2000 aprox.	Prados, cultivos, jardines, viviendas	Eliminación de especies locales, fuerte presión sobre mariposas, daños viticultura, invasión de viviendas.
Avispa asiática (<i>Vespa velutina</i>)	Sudeste asiático Transporte marítimo (2004)	Espacios abiertos, cultivos	Eliminación de otros himenópteros y destrucción de colmenas. Daños indirectos en la polinización. Picaduras.
Mosquito tigre (<i>Aedes albopictus</i>)	Sudeste asiático (2000) Transporte marítimo y terrestre (barcos, camiones, trenes...)	Todos los ambientes. Bien adaptado a las ciudades	Picaduras dolorosas, propagación de enfermedades
Polilla del tomate (<i>Tuta absoluta</i>)	América del Sur Transporte de alimentos (2006)	Cultivos de tomates	Expansión rapidísima, destrucción de cosechas de tomates
<i>Fallopia japonica</i>	Sudeste asiático Introducida como ornamental, forrajera y melífera. (siglo XIX, invasora desde década de 1990 en Cantabria)	Riberas, solares, cunetas	Gran vitalidad, desplazamiento de especies locales, daños en infraestructuras

Sin embargo, existen voces autorizadas que contradicen esta visión negativa: las especies invasoras se instalan en lugares ya alterados y empobrecidos por la acción humana pero no son la causa de su degradación (de hecho, en los entornos bien conservados, las especies exóticas son poco abundantes y raras veces suponen una verdadera amenaza para las autóctonas). Según este punto de vista, las especies invasoras serían un efecto y no la causa de la degradación de los ecosistemas.

En todo caso, lo que nadie discute es que el desplazamiento masivo de especies, del que somos responsables y del que no existen precedentes en la historia de la biosfera, está transformando irreversiblemente la totalidad de nuestros ecosistemas y que estos cambios van a acarrear durante las próximas décadas problemas muy importantes para la conservación de numerosas especies o para la economía o la salud humanas. Hay que tener en cuenta que el comportamiento invasivo de muchos organismos no se manifiesta hasta bastantes años después de su instalación lo que significa que las consecuencias de la intensificación de las comunicaciones del último medio siglo no se han hecho sentir todavía y que la potencialidad invasiva de las miles de especies transportadas a lo largo de ese tiempo permanece en estado latente. En cierto modo, las semillas de las futuras invasiones ya están sembradas aunque no sabemos ni cuáles son, ni dónde están, ni cuáles serán sus consecuencias ambientales a corto, medio y largo plazo.



Todos los países han puesto en marcha actuaciones para luchar contra las especies invasoras (sobre todo en los espacios naturales protegidos) aunque su erradicación es extremadamente difícil y puede considerarse que una vez instaladas su presencia es irreversible.

Foto: Panel y tarjetas informando sobre actuaciones de lucha contra plantas invasoras en España y Australia.

8.4 EFECTOS DE LOS DESASTRES HUMANOS DE ORIGEN HUMANO

Las transformaciones más importantes inducidas en la Biosfera por el ser humano han sido causadas por sus asentamientos, infraestructuras y actividades económicas (agricultura, ganadería, explotación de recursos...). Sus primeras manifestaciones son muy antiguas ya que remontan a la prehistoria aunque desde aquel momento no han cesado de intensificarse y de extenderse de manera que hoy afectan a la práctica totalidad de la tierra. Evidentemente los grupos humanos no han perseguido la destrucción gratuita de la naturaleza sino que los impactos, de los que no siempre se ha tenido conciencia, han sido la consecuencia inevitable (o considerada como tal) de sus actividades.

Esta situación ha producido cambios sin precedentes en la historia de la Biosfera y ha supuesto la extinción de numerosas especies. Sin embargo, al ser fruto de una evolución muy prolongada en el tiempo, tanto los distintos ecosistemas como muchas especies se han podido ir adaptando a la presión humana originando los ambientes seminaturales que hoy dominan la mayor parte de la superficie terrestre.



El ser humano crea con creciente frecuencia situaciones que causan la muerte de la mayor parte de las especies o que dan lugar a ambientes hostiles y aparentemente incompatibles con la vida. Sin embargo, ésta acaba siempre por volver a estos lugares aunque los ecosistemas resultantes no sean siempre idénticos a los preexistentes.

Foto: rebecos en las minas de los Puertos de Áliva (Cantabria, España).

Pero, a medida que el nivel tecnológico de nuestra especie ha ido aumentando, también lo ha hecho la posibilidad de provocar terribles desastres capaces de destruir cualquier forma de vida o alterar gravemente la distribución de los organismos en muchos kilómetros a la redonda. Estos acontecimientos son imprevisibles, prácticamente instantáneos, pueden afectar a cualquier punto de la Biosfera y, dada su inmediatez, no permiten una adaptación previa de los seres vivos por lo que sus consecuencias en el medio natural pueden prolongarse durante largos periodos de tiempo.

Por supuesto, los acontecimientos catastróficos son consustanciales a la naturaleza y han contribuido a la evolución de las especies y a la diferenciación de muchos ecosistemas. Los incendios forestales, erupciones, inundaciones catastróficas o, incluso, el impacto de meteoritos, por no citar más que algunos ejemplos, han

estimulado la evolución de la Biosfera y forman parte de nuestra historia. Sin embargo, la interacción entre los sistemas humanos y naturales está incrementando exponencialmente el número de desastres “naturales” e industriales y generando nuevas situaciones de riesgo que, por su recurrencia creciente, podrían convertirse en serios condicionantes de la distribución de las especies en un futuro próximo.

Sabemos que la vida posee cualidades extraordinarias que le permiten superar con éxito estas crisis e incluso que cada una de ellas facilita su perfeccionamiento. Sin embargo, es frecuente que el “antes” y el “después” no sean iguales y que la recuperación tras el desastre sea complicada e introduzca factores de distorsión en los ecosistemas, algo que, dada la precaria situación de muchos de ellos, es imprescindible conocer. Para ello se va a analizar a continuación la respuesta de la Biosfera a tres tipos de situaciones desastrosas producidas por la actividad humana. Los ejemplos posibles son muchos más pero creemos que los casos presentados son suficientemente ilustrativos y permiten cumplir el objetivo perseguido.

Los incendios forestales

Los incendios forestales son fenómenos bastante comunes en la naturaleza aunque su distribución es muy desigual dependiendo básicamente del clima. Pueden ser debidos a múltiples causas tales como la caída de un rayo (que es la más frecuente), erupciones volcánicas, procesos de combustión espontánea en presencia de gases inflamables o, incluso, a una chispa producida por la caída de algún objeto.



Los incendios causan graves alteraciones en los ecosistemas ya que destruyen la cubierta vegetal, dañan los suelos y matan a los animales con menor capacidad de desplazamiento. Las aves y grandes vertebrados suelen librarse de las llamas aunque pierden sus hábitats y fuentes de recursos habituales y se verán obligados a desplazarse a otras zonas durante los meses o años posteriores a cada siniestro.

Foto: ciervos protegiéndose del calor de un incendio en Bitterroot National Forest (Montana- EEUU). Imagen de dominio público disponible en http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d8/Deerfire_high_res_edit.jpg.

El fuego ya existía sobre la superficie terrestre cuando aparecieron los primeros bosques y a lo largo del tiempo tanto las especies, de forma individual, como los ecosistemas de los que forman parte se han ido adaptando a él de distintas formas. El fuego ha sido un factor esencial en la evolución de manera que las regiones más propicias a los incendios por razones climáticas suelen estar ocupadas por

formaciones naturales que soportan bien el paso esporádico de las llamas y que, incluso, lo necesitan para mantenerse en condiciones óptimas. De ahí que, siempre que su frecuencia e intensidad no se alejen excesivamente de las propias del medio natural, los incendios, lejos de constituir un problema, sean un factor más de los ecosistemas y contribuyan eficazmente a su diversidad.

Sin embargo, la situación actual es muy distinta ya que se estima que cada año el fuego destruye unos 350 millones de ha de vegetación en todo el mundo y que cerca del 90% de todos esos incendios es provocado. Es cierto que la vegetación siempre consigue regenerarse, unas veces deprisa, otras con más dificultad, pero en un número creciente de lugares la repetición es excesivamente rápida y la cubierta vegetal no logra alcanzar nunca sus estadios maduros lo que, a la larga, conlleva cambios que terminan siendo irreversibles.



Tras los incendios más intensos, la vegetación queda destruida y desaparece todo signo de vida de la superficie. Sin embargo, bastan algunas horas para que acudan atraídos por el calor los primeros insectos o un tipo peculiar de geógrafos capaces de deambular por estos medios manteniendo su ropa impoluta.

Foto: superficie de matorral destruida por un incendio en Las Rozas (Cantabria, España).

Los vegetales carecen de sistemas activos de defensa contra el fuego y permanecen fijos en el suelo por lo que, cuando se produce un incendio, no pueden librarse de sufrir sus efectos. Sin embargo, la adaptación de las plantas a esta eventualidad es muy desigual lo que, unido a su diferente capacidad de respuesta, permite clasificarlas en varios grupos:

- **Especies intolerantes al fuego:** generalmente son muy combustibles y quedan totalmente calcinadas por el incendio.
- **Especies germinadoras:** aunque no soportan el fuego garantizan su supervivencia produciendo abundantes semillas cuya dispersión y germinación son favorecidas por el propio incendio.
- **Especies rebrotadoras:** toleran relativamente bien el fuego y tras el incendio se recuperan emitiendo nuevos brotes desde sus raíces o ramas. Suelen ser geófitas,

que crecen muy deprisa gracias a las reservas contenidas en sus raíces, o árboles en los que el fuego solo daña las partes más externas sin perjudicar gravemente a los órganos vitales.

- Especies resistentes al fuego: son aquellas que no suelen sufrir daños importantes y que gracias a ello no ven comprometida su supervivencia. La mayoría son grandes árboles cuyas copas quedan fuera del alcance del fuego y que se encuentran protegidos por gruesas cortezas aislantes.

Como las especies resistentes al fuego son muy escasas, la verdadera competencia tras un incendio se produce entre las rebrotadoras y las germinadoras. Sin embargo, las primeras tienen ventaja ya que les basta regenerar sus partes aéreas para poder ocupar el terreno después del fuego mientras que las germinadoras necesitan mayor tiempo para crecer y alcanzar la madurez.



Las áreas sin quemar y los árboles supervivientes al fuego facilitan mucho la regeneración posterior de la cubierta vegetal ya que garantizan un aporte de semillas y se convierten en un foco de atracción de animales.

Foto: Área recorrida por un incendio en Las Rozas (Cantabria, España).

La recuperación de la cubierta vegetal depende, por un lado, de la tolerancia al fuego de las plantas de cada lugar (favoreciendo la expansión de las llamadas “pirófitas” o mejor adaptadas) y, por otra, de las condiciones ambientales posteriores al incendio tales como la calidad del suelo, iluminación, disponibilidad de agua, temperatura y características de las áreas no quemadas circundantes. En general los ecosistemas maduros y mejor conservados arden más difícilmente y su recuperación posterior suele ser más rápida que los entornos más degradados o afectados por fuegos repetidos.

Inmediatamente después del incendio la superficie afectada no muestra signos aparentes de vida. Sin embargo la combustión implica la mineralización de la materia orgánica y, por tanto, un fuerte aporte de nutrientes al suelo. Al mismo tiempo, el fuego estimula la germinación de las semillas de numerosas especies y crea condiciones que en un primer momento facilitan el desarrollo de las plantas. Gracias a ello, en el plazo de unos días o semanas éstas empiezan a reaparecer. Las primeras en hacerlo son leñosas rebrotadoras, helechos y algunas herbáceas perennes que se benefician del momentáneo aumento de la fertilidad. En algunos casos esta etapa es aprovechada también por especies oportunistas o invasoras para instalarse en

territorios en los que previamente no se encontraban gracias a su gran capacidad de colonización y a la ausencia de competidores.

Posteriormente surgirán las herbáceas anuales, que deben esperar el momento adecuado para germinar, y el resto de las especies preexistentes, primero las germinadoras y, por fin, cuando hay un aporte suficiente de semillas desde las áreas vecinas, las más intolerantes. No obstante, la recuperación total del ecosistema y la vuelta a una situación comparable a la inicial requiere bastante tiempo y en las zonas más humanizadas es frecuente que quede interrumpida por la ocurrencia de nuevos incendios que obligan a reiniciar el ciclo sin permitir que éste alcance sus últimos estadios.

Las especies implicadas y la velocidad de recuperación son diferentes en cada ambiente y dependen de la severidad del incendio y de la supervivencia de la biomasa aérea pero la secuencia que se observa es siempre del mismo estilo.

En la Cordillera Cantábrica, por ejemplo, tras la quema de un brezal-escobal en un área de pastos bastan algunos días para que hagan su aparición los helechos (*Pteridium aquilinum*), favorecidos por las reservas contenidas en sus grandes rizomas, las primeras hojas de las plantas más resistentes como las zarzas (*Rubus* spp) y algunas gramíneas. Durante los primeros años posteriores al incendio se produce un aumento de la diversidad florística entre las herbáceas (gramíneas, liliáceas...), las más beneficiadas por los efectos favorables del fuego, y sólo la progresiva recuperación del matorral, dominado por las rebrotadoras primero (*Erica australis*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Halimium alyssoides*...) y por las germinadoras después (*Calluna vulgaris*, *Erica umbellata*) pone fin a esta momentánea riqueza del estrato herbáceo y restablece una situación similar a la preexistente..



Algunas plantas tienen la capacidad de rebrotar rápidamente tras un fuego y de beneficiarse del aporte de fertilizantes proporcionados por las cenizas.

Foto: rebrote de una zarza (*Rubus* sp) a las tres semanas de un incendio en Cantabria.

El fuego genera una situación de estrés muy importante por lo que, en caso de repetirse, acaba por convertirse en un significativo factor de evolución tanto para los ecosistemas como para las especies existentes en ellos. Eso permite que en los ambientes en los que los incendios naturales resultan habituales se puedan observar

numerosos mecanismos de adaptación en las plantas e incluso una particular fisonomía de las masas vegetales dominadas por las especies pirófitas.

En latitudes medias abundan las plantas capaces de soportar fuegos reiterados de baja intensidad gracias una gruesa corteza que actúa de aislante térmico. Es el caso del alcornoque (*Quercus suber*), del abeto de Douglas (*Pseudotsuga* spp), o del pino canario (*Pinus canariensis*).



Las plantas pirófitas desarrollan diversas estrategias para soportar el fuego y aprovecharlo en su competencia con las demás especies. En la foto, tomada en Fuencaliente (La Palma-Canarias, España), se observa como millares de brotes de pino canario (*P.canariensis*) recubren una superficie recién quemada.

En otros casos, la estrategia está relacionada con la dispersión de las semillas. A este grupo pertenecen numerosas coníferas que tienen conos serotinos (piñas de apertura retardada). Al iniciarse el incendio, las semillas permanecen protegidas dentro de los conos y adheridas a ellos por la resina pero, durante el transcurso mismo, el calor funde la resina, las escamas se separan abriendo la piña y las semillas quedan liberadas. De este modo podrán dispersarse durante los días siguientes, cayendo sobre una capa de cenizas idónea para su germinación y sin ningún rival que pueda limitar su crecimiento.

Por otra parte, el calor estimula la germinación de las semillas de muchas especies que, como *Genista florida*, *Cytisus scoparius*, *Cistus ladanifer* o *Cistus laurifolius* son muy comunes en muchos montes gracias, precisamente, a su capacidad para germinar rápidamente tras el paso del fuego.

Por fin, hay un último grupo que se beneficia indirectamente del fuego: se trata de las heliófilas, necesitadas de una iluminación intensa para poder desarrollarse y que, en condiciones normales, tienen dificultades para prosperar dada la penumbra reinante dentro del bosque.

La repetición de los incendios tiene importantes consecuencias para la cubierta vegetal ya que explica la presencia o ausencia de numerosas especies y da lugar a modelos de sucesión que determinan un complejo mosaico de edades y de comunidades vegetales. En las regiones con incendios frecuentes, la vegetación

intolerante al fuego termina desapareciendo, desplazada por la mejor adaptada (que, muchas veces, es además muy inflamable). Por eso, una de las consecuencias más insidiosas de los incendios es que crean condiciones que facilitan la reaparición de fuego en los años siguientes alimentando un círculo vicioso cada vez más cerrado.

A la larga, si la repetición de los incendios sigue a un ritmo tal que la recuperación de los árboles no resulta posible, las formaciones boscosas son sustituidas por otras más inmaduras, preforestales, arbustivas o incluso herbáceas. Es el caso de gran parte de los brezales o escobales del Norte de España, de los jarales mediterráneos o de las grandes extensiones de gramíneas de las sabanas tropicales cuya existencia se debe en gran medida a los incendios. En caso extremo, se puede llegar a la aparición de estepas o semidesiertos aunque, a la inversa, si quedan retazos forestales que permitan un aporte suficiente de semillas, la vegetación de estos lugares tiende a progresar evolucionando espontáneamente hacia estadios más complejos en cuanto los incendios desaparecen o logran ser controlados.



El uso recurrente del fuego puede acarrear una transformación irreversible de la vegetación que suponga la sustitución de los bosques por formaciones abiertas de matorral, sabana o herbáceas. Amplias zonas de sabana o estepa que hoy consideramos naturales en todo el mundo son, en realidad, formaciones de sustitución generadas por los incendios.

Foto: Kata Tjuta (Territorios del Norte, Australia).

A diferencia de la vegetación, los animales perciben el fuego y son capaces de reaccionar antes de la llegada de las llamas. Sin embargo, sus respuestas son muy dispares y no siempre acertadas: muchos vertebrados huyen del peligro, otros animales intentan refugiarse en madrigueras o escondites mientras que un tercer grupo, entre los que se encuentran numerosos insectos, resultan atraídos por el fuego y se precipitan literalmente dentro de él. Es evidente que la eficacia de estas respuestas depende de la capacidad de las distintas especies para ponerse a salvo, y si bien la mayoría de los grandes mamíferos o de las aves adultas pueden librarse de las llamas, los animales de menor movilidad que no pueden separarse del suelo, como los reptiles, anfibios o la mayor parte de la microfauna terrestre, resultan mucho más vulnerables y soportan mal los incendios repetidos.

No obstante, aunque muchos de ellos puedan escapar y salvar la vida, el fuego perjudica durante bastante tiempo a los animales ya que destruye la vegetación que

les es necesaria para vivir. Por eso, suelen tardar bastante en retornar definitivamente al área afectada.

Las consecuencias sobre la microfauna son insuficientemente conocidas aunque el impacto es particularmente grave en la del suelo ya que dificulta la vuelta a la normalidad de los procesos edafogénicos y reduce los recursos alimenticios de los que dispondrán numerosos omnívoros y carnívoros.

En general el número de insectos disminuye drásticamente tras la ocurrencia de un fuego aunque éste también favorece a algunas especies que proliferan durante los años posteriores al incendio gracias a la acumulación de madera muerta y a la momentánea desaparición de sus depredadores.

En todos los casos, la colonización de las zonas quemadas por la fauna es más fácil cuando subsisten áreas próximas inalteradas o cuando la vegetación forma un mosaico de piezas muy recortadas como consecuencia de la repetición de sucesivos fuegos. En tales ocasiones, coexisten manchas de vegetación con distintos grados de madurez o alteración y cada especie dispone de hábitats favorables en los que refugiarse y desde los que iniciar una posible expansión posterior. En cambio, los grandes incendios que arrasan miles de hectáreas impiden el mantenimiento de estas áreas refugio y crean condiciones uniformes en grandes extensiones, lo que dificulta la recolonización “de fuera a dentro” y hace necesarios periodos de tiempo más prolongados hasta la total desaparición de las consecuencias del siniestro.

Por fin, la velocidad de la recolonización depende mucho también de la capacidad de desplazamiento de los distintos tipos de animales presentes en cada región y aunque los de mayor talla, pertenecientes habitualmente a los niveles superiores de las cadenas tróficas, pueden reaparecer muy deprisa, es normal que los pertenecientes a niveles inferiores encuentren mayor dificultad para hacerlo.



Algunos árboles disponen de toda una panoplia de recursos para soportar incendios repetidos. Es el caso del pino canario (*P.canariensis*) que se beneficia de su gran altura y corteza aislante, es capaz de rebrotar tras el siniestro y cuyas semillas se dispersan y germinan de manera óptima en un terreno recién quemado.

Foto: aspecto de un pinar dos años después de un incendio en el monte la Esperanza (Tenerife-Canarias, España).

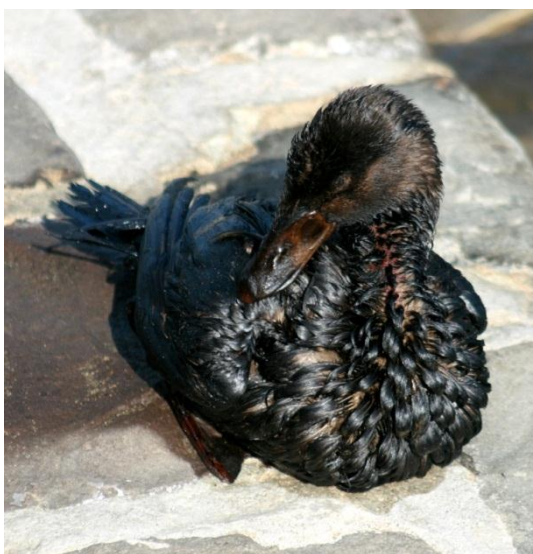
Los efectos del fuego en la fauna se producen a veces al nivel de las poblaciones, habiéndose observado anomalías en cadena en la abundancia y en el éxito

reproductor de determinadas especies tras un incendio. La población de aves, por ejemplo, acusa muy rápidamente los cambios en la abundancia de recursos tróficos, refugio y condiciones para la nidificación (y ello a pesar de presentar cierta plasticidad en relación con el uso del hábitat y con la localización del nido). Por eso, numerosas rapaces se ven favorecidas por los incendios: las presas son más fáciles de localizar y su número aumenta gracias al incremento de la vegetación herbácea o de los insectos que les sirven de alimento. Pero esta situación es pasajera ya que pronto harán su aparición las plantas leñosas que, acompañadas por otros insectos, constituirán recursos distintos que serán aprovechados por otros animales y así sucesivamente.

Es evidente que en los lugares en los que los incendios se repiten con suficiente frecuencia e intensidad como para alterar de forma irreversible la cubierta vegetal, la transformación de los hábitats puede acarrear modificaciones más o menos definitivas de las comunidades de fauna. La destrucción por el fuego de los bosques tropicales y su sustitución por sabanas, por ejemplo, supone la desaparición de los roedores arborícolas y frugívoros, de ciertos antílopes, simios y, seguramente, de insectos asociados a las formaciones iniciales.

Consecuencias de las mareas negras

Cada año se producen en el mundo un buen número de accidentes que implican vertidos masivos de hidrocarburos en el mar. Unas veces son causados por el hundimiento de buques, en ocasiones superpetroleros que cargan varios cientos de miles de toneladas de crudo, otras veces por accidentes o fugas en plataformas de extracción, otras más por vertidos criminales o prácticas inadecuadas. Además, existe una contaminación “de fondo” originada por escapes naturales desde el sustrato geológico. El producto que se derrama es distinto en cada caso ya que existen muchos tipos diferentes de petróleo y la variedad de sus productos derivados es aún mayor. Sin embargo, el resultado de estos derrames, que se extienden rápidamente por amplias superficies tras formar una fina película flotante, se parece siempre e incluye una grave contaminación de la línea de costa y de la superficie marina y la muerte de la mayoría de los animales, plantas y algas alcanzados por ellos.



Los vertidos de petróleo en el mar forman una lámina flotante que se desplaza impulsada por las olas y corrientes contaminando todo lo que encuentra a su paso. Muy tóxica y difícil de limpiar, produce la muerte de la mayoría de los animales, plantas o algas que quedan recubiertos por ella.

Foto: pato recubierto de petróleo durante una marea negra. Imagen de dominio público disponible en http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/3/3f/Oiled_bird_3.jpg .

De forma complementaria, los hidrocarburos vertidos sufren diversas reacciones de oxidación que suponen el agotamiento del oxígeno disuelto en las capas más superficiales de agua y producen la muerte por asfixia de numerosos organismos.

Pero los efectos ambientales de las mareas negras no se limitan al episodio de muertes directamente asociadas al contacto con el petróleo sino que se extienden al conjunto del ecosistema y persisten a lo largo de cierto tiempo de varias maneras:

- Degradación de los biotopos y de los ecosistemas causada por la asfixia del medio y la destrucción directa de los hábitats de numerosos organismos.
- Alteración de las biocenosis por contaminación de las redes tróficas y bioacumulación en los organismos situados en los niveles superiores.
- Daños a largo plazo como consecuencia de enfermedades o deficiencias inducidas en el metabolismo o en los sistemas inmunitario, reproductor u otros de muchos animales.

Aunque no son las únicas afectadas por el desastre, los daños más conspicuos y que más impresionan a la opinión pública, son los sufridos por las aves. Éstas, al quedar recubiertas de petróleo, pierden capacidad de desplazamiento, flotan más difícilmente y quedan peor aisladas del frío. Además, los hidrocarburos se acumulan en su sistema respiratorio produciéndoles asfixia por lo que terminan muriendo al cabo de algunos días.

Cuando el vertido se produce en alta mar sus consecuencias son menos graves que cuando alcanza el litoral ya que en éste último caso la mayor parte de las especies viven ancladas a la superficie rocosa y no tienen la capacidad de escapar de las de mar abierto.

Sin embargo, pasada la primera fase del desastre, la cantidad de petróleo flotante va disminuyendo gracias a diversos procesos naturales (evaporación, fotooxidación y posterior disolución, sedimentación en el fondo, dispersión, biodegradación...) de eficacia muy desigual dependiendo del tipo de petróleo y del clima exterior pero también gracias a las posibles intervenciones humanas de recogida y limpieza. A partir de este momento se hace posible un progresivo retorno de la vida.



Las mareas negras causan una grave contaminación que acaba con cualquier forma de vida existente en la franja de costa alcanzada por ellas.

Foto: playa recubierta de petróleo por la marea negra del Exxon Valdez en Disk Island (Prince William Sound-Alaska, EEUU). Imagen de dominio público disponible en <http://www.flickr.com/photos/arlis-reference/4750349750/sizes/o/in/photostream/>.

Normalmente, hacen falta unos dos años para que el litoral recupere cualitativa y cuantitativamente un estado más o menos comparable al preexistente lo que, en comparación con otro tipo de desastres, es un plazo muy breve. No obstante, en lugares desfavorables por su inaccesibilidad, clima y escasa agitación o renovación del

agua pueden llegar a ser necesarias varias décadas para que la recuperación alcance un nivel aceptable.

De hecho, la eficacia de la recolonización biológica del litoral varía mucho dependiendo tanto del tipo y cantidad de petróleo extendido como de las características del litoral afectado.

En general, cuanto mayor es la fracción ligera del vertido, más capacidad tiene el producto para infiltrarse en el organismo y producir un envenenamiento (aunque, en contrapartida, estos productos ligeros son también los que se evaporan o biodegradan más fácilmente). A la inversa, los fueles muy densos son más persistentes aunque se extienden peor (dejando zonas limpias que facilitarán la recolonización posterior), y resultan menos tóxicos.

Por otra parte, el petróleo depositado en un tramo de costa expuesto a fuertes mareas y oleaje va a estar sometido a continuos cambios de temperatura, de humedad, etc que favorecen su descomposición contrariamente a lo que ocurre en litorales con menos energía.

La recolonización suele verificarse por etapas, empezando por los taxones más simples y resistentes y terminando por los animales más evolucionados pero de hábitos preferentemente sedentarios, como algunos grandes crustáceos. En todos los casos, estos organismos proceden de las áreas vecinas no contaminadas y su desplazamiento está favorecido por la continua agitación del medio marino.

Los primeros en volver después del desastre son pequeños organismos oportunistas de ciclo corto que se benefician del vacío creado por la muerte de sus competidores habituales y que son capaces de soportar elevados niveles de toxicidad (plancton, algas verdes, poliquetos...). Algunas de estas especies logran incluso beneficiarse del petróleo aprovechando el exceso de carbono y de hidrógeno que libera su degradación. Es el caso de las algas verdes que, a veces, experimentan una proliferación explosiva durante un corto plazo y que de este modo proporcionan abundante alimento a los organismos marinos que se alimentan de ellas facilitando su retorno (que, a su vez, permitirá el de las especies de los niveles tróficos superiores).

De hecho, no es raro que tras una marea negra se produzca una auténtica y aparentemente contradictoria explosión de vida. Ello es debido a una distorsión transitoria de las cadenas alimentarias pero el hecho desaparece rápidamente cuando se recupera el equilibrio preexistente.

Sin embargo también pueden producirse complicaciones insidiosas capaces de perturbar durante varios años el proceso de recolonización: ciertos hidrocarburos originan problemas reproductivos o tumores en las especies más expuestas a ellos como los moluscos filtradores (mejillones, ostras...) o los animales situados en los niveles superiores de las cadenas tróficas (mamíferos marinos...). Su acumulación entre los cantos de las playas o fondos marinos puede prolongar anormalmente una situación de toxicidad y generar en muchos animales problemas crónicos de salud causantes de malformaciones, crecimiento anómalo o diversas lesiones que, a veces, han sido observados más de una década después del desastre.

Todo lo anterior nos demuestra la gran capacidad de recuperación de los medios costeros y el carácter transitorio de la mortandad causada por las mareas negras pero, también, el riesgo que supone la repetición continua de estos episodios en algunos tramos particularmente expuestos del litoral en los que la recuperación total se hace cada vez más difícil y más lenta y la degradación ambiental termina siendo semipermanente.



En mares agitados y no excesivamente fríos la descomposición del petróleo y recuperación de la vida son bastante rápidos y suelen producirse en el plazo de algunos años.

Foto: restos muy degradados de petróleo de la marea negra del Prestige en la costa de Cantabria (España).

Efectos de una catástrofe nuclear: Chernobil

Un tipo de catástrofe totalmente distinta a las anteriores es la causada por la liberación repentina a la atmósfera de grandes cantidades de radiactividad. Hasta el momento este hecho sólo se ha producido como consecuencia de la explosión de bombas nucleares (Hiroshima y Nagasaki pero, también Mururoa, Bikini, Kazakhstan, Nevada u otros “polígonos de ensayos al aire libre”) y a causa de grandes accidentes en instalaciones civiles (Fukushima, Chernobil, Kyshtym, Windscale, Three Miles Island, etc).

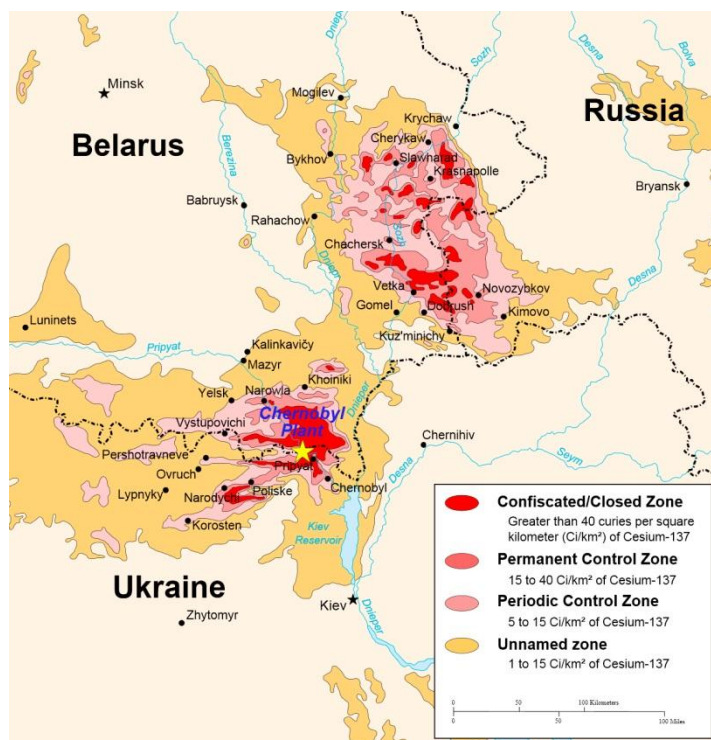
Dadas las extremas medidas de seguridad que rodean las instalaciones nucleares y sus materiales estos acontecimientos son mucho más improbables que los descritos hasta aquí. Sin embargo, la extrema gravedad que pueden revestir para la humanidad, la relación existente entre la tecnología nuclear y las armas y el sistemático intento de ocultación que suele producirse tras cualquier incidente, han hecho que para gran parte de la opinión pública los accidentes nucleares (que, por otra parte, son muy difíciles de comprender para el profano y siempre tienen algo de “misterioso”) se hayan convertido en el paradigma del desastre inducido por el ser humano y un motivo permanente de preocupación.

Sin embargo, y contrariamente a lo que se suele pensar, el impacto de la radiactividad en el medio natural está menos claro y plantea no pocas dudas y contradicciones.

El caso mejor documentado, que utilizaremos como ejemplo, es el accidente que se produjo el 20 de abril de 1986 cuando uno de los reactores de la central nuclear de Chernobil (Ukrania, antigua URSS) sufrió una explosión seguida por un incendio. La destrucción del reactor produjo un enorme escape de radioelementos que, formando una nube radiactiva, se fue desplazando impulsado por el viento y diseminó ^{131}I , ^{137}Cs , ^{90}Sr y otras sustancias peligrosas a través de más de 200.000 km² de todo el Este y Centro de Europa.

Los depósitos radiactivos más importantes se produjeron sobre unos 2600 km² de superficie en una radio de 30 km alrededor de la central nuclear, superficie que fue

rápida­mente declarada “zona de exclusión” y de la que fueron inmediatamente evacuadas 116.000 personas (que nunca podrán regresar a sus casas). No obstante, hoy se estima que el territorio que quedó gravemente contaminado fue mucho más extenso y podría acercarse 28.000 km² (en cuyo caso el número de personas que sufrieron una contaminación grave (>185 kBq/m² de ¹³⁷Cs) podría ser de 830.000. Varios millones de personas recibieron radiación por encima de la norma y siguen viviendo en áreas con un nivel significativo de contaminación.



Áreas más afectadas por la contaminación radioactiva que produjo el accidente de Chernobil.

Fuente: documento de dominio público disponible en http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/23/Chernobyl_radiation_map_1996.svg

Desde el punto de vista de la contaminación generada, la de Chernobil ha sido la mayor explosión nuclear de la historia ya que dispersó 400 veces más radiactividad que la de Hiroshima.

Las explosiones de bombas atómicas liberan radionucleidos con un periodo muy corto y que, por tanto, desaparecen muy deprisa del entorno. Gracias a ello en los lugares del mundo en los que se produjeron esas explosiones entre los años 40 y 70 la radiactividad es hoy residual y las condiciones ambientales muy próximas a las preexistentes. Sin embargo, en Chernobil y en sus alrededores (incluyendo superficies que hoy corresponden a Ucrania, Rusia y Bielorrusia) los acontecimientos han sido distintos y tras la destrucción masiva se ha producido una recolonización vegetal aunque persista una elevadísima tasa de radiactividad (que se va a mantener durante decenas de miles de años).

A lo largo del primer mes después de la explosión la radiactividad produjo la muerte de la mayoría de los organismos presentes en un radio de una decena de kilómetros. Los pinos (*P.sylvestris*) que formaban grandes masas boscosas alrededor de la instalación adquirieron un extraño color rojo ladrillo durante algunos días y después, prácticamente al unisono, murieron. Sus restos fueron arrancados con *buldócer*, quemados y enterrados in situ y, desde entonces, los pinos no han sido capaces de regenerarse (aunque el espacio liberado por la desaparición de sus bosques ha sido

ocupado con posterioridad por abedulares o bosques de otras especies más resistentes a la radiactividad).

A mayor distancia los efectos variaron más dependiendo de las especies y mientras que las coníferas se mostraron muy frágiles, los caducifolios, herbáceas y musgos resistieron mucho mejor la radiactividad. La causa de esta desigual resistencia no se conoce aunque podría relacionarse con la distinta “anatomía” de los genomas ya que los problemas aparecen por la irradiación del ADN y cuanto más pequeños y compactos son los cromosomas menos probable es que resulten irradiados.

Pasados unos diez meses la mayoría de los isótopos habían dejado de irradiar y la radiactividad había bajado al 1% de la que llegó a registrarse en las primeras semanas. Gracias a ello, y aunque esta tasa es aún muy alta y resulta incompatible con una presencia humana prolongada, las plantas y animales más resistentes pudieron iniciar la recolonización del territorio a partir de la primavera de 1987.

Aunque las observaciones son aún insuficientes y algunas de las afirmaciones que se han hecho carecen del rigor científico necesario, todo parece indicar que algunos organismos experimentaron cambios fisiológicos o bioquímicos inducidos por la radiactividad. Por ejemplo, en las zonas más contaminadas el ADN de los pinos aparece muchas veces enrollado sobre sí mismo lo que reduce su vulnerabilidad frente a la radiación pero repercute en la morfología y metabolismo de los árboles que se vuelven más pequeños y crecen de forma más anárquica.



Central de Chernobil vista desde una terraza de la ciudad abandonada de Pripyat. La vegetación está invadiendo las calles y edificios.

FUENTE: Imagen de dominio público disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:View_of_Chernobyl_taken_from_Pripyat.JPG.

Del mismo modo se han citado frecuentes casos de gigantismo u otras anomalías de origen genético en las plantas situadas en la zona de exclusión. De este modo, algunos abetos (*Picea abies*) estarían produciendo agujas de 4 ó 4,5 cm de longitud, dos veces más largas de lo que es habitual en esa especie, mientras que en los pinos (*P. sylvestris*) éstas alcanzarían 12 a 14 cm cuando lo habitual es que no superen 5. Por otra parte, en 1992 el número de agujas que producían los brotes jóvenes era el

triple que en 1986 antes de la catástrofe y mayor el porcentaje de semillas que germinaban.

Todos estos hechos, que deberán documentarse mejor durante los próximos años pese a ser perfectamente verosímiles, indican claramente un aumento de la capacidad reproductiva y de crecimiento de las plantas que no puede haber sido consecuencia más que de la propia radiactividad.

Las observaciones que se han hecho en la fauna demuestran la existencia de impactos muy importantes pero hasta el momento su interpretación plantea más interrogantes que nuevas certezas.

La mayoría de los animales presentes en la zona de exclusión murió o sufrió un grave deterioro orgánico y fue incapaz de reproducirse tras quedar expuesta a la radiactividad. Esta fue la suerte del ganado que quedó abandonado en una isla a seis kilómetros del reactor tras la evacuación de la zona. Los caballos murieron rápidamente como consecuencia de la destrucción de sus glándulas tiroides y las pocas reses que sobrevivieron en la zona presentaron importantes disfunciones que supusieron su debilitamiento y rápida extinción. Sin embargo, con posterioridad los caballos han sido reintroducidos y grupos de individuos semisalvajes procedentes de las áreas menos expuestas se han ido instalando en el área de manera más o menos espontánea. Sorprendentemente, todas esas poblaciones se han acomodado sin problemas al entorno radiactivo y no parecen acusar sus consecuencias.

Algo parecido ocurrió con los pequeños roedores (*Apodemus*, *Microtus*) que desaparecieron durante la fase de radiación más intensa. Sin embargo, el vacío que dejaron fue ocupado en los años siguientes por otros individuos que llegaron de las regiones vecinas sin que se sepa por qué estas poblaciones de origen externo resisten mejor la radiación que la primera.



Aspecto actual de los bosques en la “zona roja”. Los pinos murieron y sus restos fueron quemados y enterrados pero su lugar ha sido ocupado por abedules, mucho más tolerantes a la radiactividad.

Fuente: imagen de dominio público disponible en http://www.flickr.com/photos/lord_yo/3758832940/sizes//in/photostream/.

En las aves el número de alteraciones observadas es mayor en las especies ponedoras de grandes huevos y con plumajes vistosos e inferior en las más discretas. Entre las más afectadas se encuentran las currucas (*Sylvia* spp) y las golondrinas (*Hirundo rustica*) entre las que se han observado plumajes y huevos anormales y un menor éxito reproductivo.

El caso de los hongos es aún más sorprendente por la excepcional capacidad demostrada por algunos de ellos para sobrevivir en un entorno letal. Así, los investigadores han observado mediante robots la existencia de hongos melánicos creciendo sobre los restos de los muros del propio reactor y se ha demostrado que algunos taxones, como *Cryptococcus neoformans* o *Cladosporium* prosperan mejor en ambientes radiactivos gracias a la melanina que les permite aprovechar la energía de las radiaciones ionizantes del reactor.

Aunque la información disponible es aún escasa y la perspectiva histórica insuficiente, no hay duda de que la contaminación nuclear ha supuesto cambios muy importantes en la biodiversidad y estructura de los ecosistemas:

- Los pinares han sido sustituidos por praderas “naturales” o por abedulares,
- numerosos grandes mamíferos que habían desaparecido a consecuencia de la presión humana han retornado a la zona aprovechando la tranquilidad que hoy encuentran en ella (lobo, lince, jabalí...)
- varias especies emblemáticas de la fauna europea más amenazada han sido introducidas con éxito en el área para facilitar el aumento de sus poblaciones (caballo de Prjevalski, bisonte europeo)
- algunas plantas cultivadas y animales domésticos que quedaron abandonados a su suerte tras la huida forzada de sus propietarios sobreviven y han recuperado rasgos o comportamientos propios de las especies salvajes de las que proceden. Es el caso, por ejemplo, de los perros que cazan formando manadas similares a las de los lobos.

Muchos animales son hoy más abundantes en la zona de exclusión que fuera de ella y la diversidad de plantas existente en las áreas más radiactivas es comparable a la de los espacios naturales protegidos de las regiones circundantes.

Si fuera preciso establecer un balance de las consecuencias de la catástrofe a la luz de lo que hoy se sabe, habría que confrontar dos tipos de hechos más o menos contradictorios:

- La radiactividad ha causado la muerte de la mayor parte de los organismos en un primer momento y, posteriormente, ha originado impactos negativos muy significativos para la vida de numerosos animales y plantas. La recuperación que ha seguido al periodo inicial de mortandad ha sido muy desigual dependiendo de las especies por lo que los ecosistemas han quedado gravemente alterados.
- El accidente ha obligado a evacuar la zona y todas las actividades humanas han desaparecido de forma repentina e irreversible. Ello ha supuesto el desvanecimiento de la presión antrópica sobre el medio, ha permitido el retorno de numerosas especies extintas o que se encontraban en situación crítica y hace posible que los ecosistemas vuelvan a regirse por sus propias leyes naturales. La biodiversidad y la biomasa presentes en la zona han alcanzado así valores desconocidos desde hace mucho tiempo gracias a la desaparición de las interferencias humanas.



Pasado el primer momento, las coníferas empiezan a regenerarse en algunas zonas de las que habían desaparecido. Algunos individuos presentan anomalías congénitas que podrían defenderles de las altas tasas de radiactividad.

Foto: imagen de dominio público disponible en http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b9/Abandoned_ZiL-130_and_ZiL-131_trucks_in_Pripyat.jpg?uselang=es.

Lo acaecido en Chernobil ilustra muy bien una paradoja que tendemos a olvidar con demasiada frecuencia: un acontecimiento catastrófico para la humanidad puede no serlo (o no ser tan importante) para el medio natural. Al ser las actividades humanas “normales” más devastadoras a largo plazo para la biodiversidad que el mayor de los desastres industriales, la desaparición de la actividad humana tras uno de estos acontecimientos puede contribuir a una cierta recuperación de la naturaleza o, al menos, al restablecimiento de un nuevo equilibrio más próximo al natural que el que queda destruido por el desastre.

No obstante, quedan demasiadas cuestiones por resolver antes de poder establecer un balance definitivo y la falta de estudios a largo plazo sobre genética, demografía, tasas de mutación, esperanza de vida, fertilidad, salud u otros aspectos impide saber si las poblaciones expuestas de manera crónica a una elevada tasa de radiación difieren de las no expuestas y en qué medida ello es importante o no para su supervivencia. Mientras estas cuestiones no queden aclaradas no será posible conocer en su totalidad el efecto del desastre de Chernobil (o de otros similares ya ocurridos, como el de Fukushima, o por venir).

8.5 LAS CONSECUENCIAS AMBIENTALES DE LOS CONFLICTOS ARMADOS

Las guerras y grandes conflictos asimilables a ellas plantean situaciones distintas a las anteriores ya que gran parte de los daños son consecuencia de acciones humanas conscientes que persiguen, precisamente, causar destrucción. Por supuesto, las acciones bélicas no suelen tener como objetivo principal el medio natural y se dirigen hacia determinados sectores de población, sus ciudades, infraestructuras o recursos pero cuando el conflicto alcanza cierta intensidad es inevitable que sus consecuencias afectan no sólo a la sociedad y a sus bienes materiales sino también al conjunto del entorno pudiendo entonces producir impactos ambientales extremadamente graves.



El medio ambiente sufre gravemente las consecuencias de los conflictos sociales y armados a pesar de no ser normalmente objetivo de las acciones militares.

Foto: pintada sobre el muro que aísla a la población palestina en Belén.

Las situaciones de conflicto favorecen el aumento de desastres causados por incendios, mareas negras, contaminación radiactiva, inundaciones, esparcimiento de sustancias tóxicas u otras razones ya que la sociedad se vuelve más vulnerable y los riesgos se agudizan pero, también, porque estos desastres se multiplican como consecuencias “colaterales” de los ataques o, incluso, son provocados de forma voluntaria con el objetivo de debilitar al bando opuesto.

En 2006 el ejército israelí bombardeó una central eléctrica situada al Sur de Beirut (Líbano) causando un vertido de 20.000 tm de petróleo en el Mediterráneo. La imposibilidad de actuar eficazmente para detener la marea negra resultante supuso que ésta dañara gravemente un tramo de 90 km de costa matando a numerosos organismos y dañando gravemente uno de los escasos hábitats de la tortuga verde (*Chelonia mydas*) en el Mediterráneo. Por su parte, misiles lanzados por las guerrillas de Hezbollah contra suelo israelí provocaron incendios forestales que calcinaron 3600 ha de bosque incluyendo tres reservas y santuarios de aves. En ambos casos la naturaleza sufrió graves daños como consecuencia de acciones militares que perseguían otro tipo de objetivos (aunque ambos episodios “vinieron bien” a quienes los provocaron).

No es raro, por tanto, que junto a las consecuencias directas de impactos intrínsecamente asociados al conflicto armado (por ejemplo destrucción física o

incendios causados por explosiones...) los ecosistemas acusan los efectos indirectos de múltiples situaciones asociadas a él (contaminación, presión sobre determinados recursos, etc).

Los conflictos armados tienen consecuencias sociales y ambientales extremadamente graves que tras el restablecimiento de la paz quedan marcados en las personas y en el territorio durante mucho tiempo. Sin embargo, desde un punto de vista estrictamente ambiental, los efectos de las guerras y de las situaciones postbélicas son contradictorios: por una parte se producen graves daños en los ecosistemas y en las poblaciones de numerosas especies pero, por otro, amplias extensiones dejan de ser utilizables por las personas y, tras ser abandonadas, pueden recuperarse y acabar convirtiéndose en refugios para la biodiversidad. De este modo, mientras que extensas superficies de bosque o de manglar y numerosos hábitats valiosos han desaparecido como consecuencia de guerras, otros se conservan o se han podido regenerar constituyendo hoy entornos valiosos "gracias" a ellas.

En todos los casos, los ecosistemas resultantes presentan caracteres y dinámicas peculiares que justifican su estudio como "casos aparte" (habiéndose incluso propuesto para ellos la denominación de "pemosistemas": sistemas resultantes de un conflicto).

8.5.1 IMPACTOS DURANTE EL CONFLICTO

De acuerdo con los artículos 35 y 55 del I Protocolo Adicional a los Convenios de Ginebra (junio de 1977) “*el empleo de métodos o medios de hacer la guerra que hayan sido concebidos para causar, o de los que quepa prever que causen, daños extensos, duraderos y graves al medio ambiente natural*” quedan totalmente prohibidos. Este compromiso, sin embargo, se respeta pocas veces y en la mayoría de las guerras contemporáneas se producen acciones causantes de daños directos en el medio natural.

El bosque, la montaña o los grandes humedales son espacios difíciles de controlar por los ejércitos convencionales y por esa razón se convierten frecuentemente en escondites y bases de operaciones para las guerrillas. Ello convierte a estos espacios naturales en escenarios de guerra y, en algunos casos, impulsa a los gobiernos a intentar destruirlos mediante el uso de defoliantes o practicando talas a matarrasa. Esto se ha producido recientemente en Myanmar y en Sri Lanka donde amplias extensiones de bosque han sido destruidas por este motivo.



En la guerra de Vietnam cientos de miles de hectáreas de selva y cultivos fueron destruidas utilizando defoliantes, explosivos o medios mecánicos en lo que se ha considerado como el mayor ecocidio de la época contemporánea.

Fotos: documentos expuestos en el Museo de Recuerdos de la Guerra de Ciudad Ho Chi Minh (Vietnam).

El caso más terrible de destrucción sistemática del bosque se produjo entre 1965 y 1973 en Vietnam. Durante aquellos años se desarrolló un programa masivo de fumigación con herbicidas y defoliantes destinado a eliminar la cubierta forestal en la que se ocultaba la guerrilla del Vietcong y a privar de alimentos a los campesinos vietnamitas. Con aquel motivo se extendieron 100.000 toneladas de sustancias tóxicas por todo el Sur del país produciendo graves daños en casi la mitad de la superficie cultivada y destruyendo cerca de 110.000 hectáreas de bosque y 150.000 de manglares. Además, se utilizaron explosivos o napalm y la devastación se completó con los llamados “arados romanos”, enormes buldócers provistos de palas-cuchilla de tres metros de altura que, unidos con gruesas cadenas, avanzaban en paralelo levantando el suelo y arrancando todos los árboles que encontraban a su paso. Se estima que estos “arados romanos” destruyeron completamente la vegetación y desencadenaron la erosión del suelo de otras 325.000 hectáreas.

Algunos días después de ser fumigados todas las plantas perdían sus hojas y morían rápidamente junto a la fauna presente en cada lugar. La destrucción fue sistemática y afectó uniformemente a superficies muy amplias lo que, unido a la alta toxicidad del suelo, dificultó mucho la posterior recuperación de la vegetación. Ello favoreció la rápida expansión del bambú y de una especie oportunista carente de utilidad económica, la

entonces llamada “hierba americana” (*Imperata cylindrica*), que, una vez instalados, resultan extremadamente difíciles de erradicar y bloquean la progresión de la vegetación hacia estadios más avanzados. En algunas zonas del país estas plantas aún forman tapices homogéneos que siguen impidiendo la entrada de otras especies.

El “agente naranja”, principal defoliante utilizado en Vietnam, tenía un elevado contenido en dioxina, lo que produjo la muerte directa de numerosos animales salvajes o domésticos y gravísimos efectos en la salud de los campesinos que se han extendido hasta la actualidad a través de deformaciones congénitas en sus descendientes.



Detalle de un mapa que representa las áreas fumigadas con defoliantes en un sector del centro de Vietnam. En azul, áreas que sufrieron una fumigación; en color rosado las que sufrieron dos o más pasadas.

Foto: documento expuesto en el Museo de Recuerdos de la Guerra de Ciudad Ho Chi Minh (Vietnam).

Casi cuarenta años después la cubierta vegetal se está regenerando y en muchos lugares nuevos bosques vuelven a recubrir el territorio, gracias en parte a los grandes esfuerzos realizados por las instituciones y población locales. Sin embargo, extensas áreas han perdido definitivamente no sólo sus árboles sino también gran parte de sus suelos a causa de la intensa erosión que éstos sufrieron tras la desaparición de la cubierta forestal. La erosión sigue siendo hoy uno de los principales problemas ambientales del país.

No obstante, las acciones de guerra generalmente no van directamente dirigidas contra el bosque o la naturaleza y estos no sufren ataques “más que” de manera circunstancial. Pese a ello, los daños pueden ser muy importantes y llegar a producir graves alteraciones en la totalidad de los ecosistemas existentes en extensas superficies. Eso es lo que ocurrió durante la Primera Guerra Mundial en una amplia franja situada alrededor del frente en todo el Norte y Noreste de Francia: la excavación de miles de kilómetros de trincheras, túneles y otras infraestructuras similares y la prolongadísima guerra de desgaste que se desarrolló en torno a ellas supuso la completa destrucción de los bosques y pastos existentes en la zona y dañó gravemente a los suelos que quedaron muy contaminados y con su estructura alterada. En las décadas siguientes una amplia franja de bosques ha sido creada sobre la zona más afectada (ver más adelante) aunque los impactos ambientales que causó el conflicto siguen generando problemas pese al tiempo transcurrido y no existe ninguna duda de que los paisajes y ecosistemas actuales son muy distintos de los que podrían existir en caso de que la guerra no hubiera tenido lugar.

En otros casos el deterioro ambiental no es el resultado directo de acciones armadas sino consecuencia de un aumento de la presión sobre los recursos motivado por la desorganización de los tejidos social y productivo o los grandes movimientos de población que acarrear los conflictos.

La guerra puede tener efectos contrapuestos y en ciertas ocasiones contribuye a proteger el bosque al paralizar actividades que lo amenazaban. Sin embargo el caso contrario es más frecuente y resulta habitual que los gobiernos o facciones que controlan un territorio vendan o permitan la sobreexplotación de sus riquezas naturales a cambio de unos ingresos que les permitan hacer frente a las compras de armas u otros gastos de guerra. La sobreexplotación de los recursos naturales genera una mayor penuria en las comunidades locales que dependen de ellos y alimenta un círculo vicioso imparabile ya que obliga a estas poblaciones a incrementar la presión sobre el medio o a ampliarla hacia otras zonas donde los recursos se conservan mejor.

En la guerra de Camboya el régimen de los Jemeres Rojos impulsó la explotación del bosque para financiar los gastos de sus campañas y permitir la extensión de los cultivos lo que supuso la destrucción, irreversible en la práctica, de cerca de un tercio de los bosques del país.



La destrucción de la vegetación original y la desestructuración de los ecosistemas favorecen la irrupción de plantas oportunistas o invasoras que, posteriormente, pueden ser muy difíciles de erradicar. La “hierba americana” que se extendió en Vietnam tras la eliminación de los bosques y cultivos impide la evolución de la vegetación hacia fases más maduras y hace muy difíciles los aprovechamientos agrarios

Foto: hierba americana, *Imperata cylindrica* en Hue (Vietnam)

Las situaciones más graves son las causadas por los grandes movimientos de población que provocan la ocupación incontrolada de nuevos territorios y un incremento de la presión sobre el medio susceptible de producir su degradación. En Darfur, por ejemplo, los refugiados han intentado poner en cultivo superficies no aptas para ello generando una fuerte erosión del suelo y favoreciendo el avance del desierto (lo que, a su vez, ha agravado aún más la situación de los afectados).

Cuando se producen estos acontecimientos, que pueden tener lugar de manera muy repentina y que obligan a anteponer la asistencia a las personas frente a cualquiera otra consideración, los impactos ambientales pasan relativamente desapercibidos pese a su gravedad y sólo es posible hacer un balance a posteriori, en muchos casos cuando ya es demasiado tarde para actuar eficazmente.

Un ejemplo de la complejidad de estas situaciones y de su carácter incontrolable es la situación que se produjo en 1994 tras el trágico éxodo de ruandeses que llevó a 750.000 personas a refugiarse en el Parque Nacional de Virunga y su entorno en el Congo (ex Zaire). La guerra, que se extendió a toda la región, afectó muy poco al bosque de manera directa aunque la caza, recolección, recogida de leña y otras actividades “pacíficas” de los refugiados devastaron gran parte del Parque. Numerosos animales murieron durante aquel periodo, en ocasiones bajo fuego de armas de guerra, y la protección de los gorilas de montaña, una de las grandes especies más amenazadas del mundo, se abandonó quedando su población muy diezmada (aunque informaciones posteriores podrían indicar cierta recuperación de sus efectivos). Además, los refugiados más pudientes introdujeron ganado que produjo importantes impactos en lo que había sido, hasta muy poco antes, uno de los mayores santuarios de fauna de África.

Los espacios naturales protegidos son particularmente vulnerables durante los conflictos. Normalmente se trata de territorios despoblados o semivacíos que resultan ideales para ocultarse y que pueden contener recursos útiles para los contendientes o para la población más desfavorecida. Además, durante la guerra las estructuras administrativas responsables de su salvaguardia pierden fuerza ante otras prioridades y su personal queda desasistido o es derivado a otras funciones. De hecho, eso refleja uno de los puntos débiles del sistema de parques (que son aparentemente viables mientras que las cosas “van bien” pero que fracasan cuando las circunstancias económicas o sociales se vuelven excesivamente adversas) y pone en evidencia que la conservación de las especies amenazadas no puede depender exclusivamente de estos pequeños enclaves mantenidos artificialmente “fuera del sistema” y que no resultan sostenibles por sí solos. Ejemplo de lo anterior son los graves daños sufridos por buen número de espacios protegidos afectados por guerras recientes en el Congo (Virunga, Garamba, Kahuzi-Biega, Okapi...), antigua Yugoslavia (Taga, Kopaonik, Fruska Gora, Sarplanina, Vrsacke Planiny...), etc.



Durante las guerras algunas áreas quedan vedadas a la población y ofrecen refugio a plantas y animales. Lo mismo ocurre en determinadas “tierras de nadie” o áreas fronterizas que, con el paso del tiempo, acaban convirtiéndose en excelentes santuarios naturales tal como ha sucedido

a lo largo de gran parte del antiguo “Telón de Acero”.

Foto: monumento sobre las fosas comunes de soldados de la II Guerra Mundial en el bosque de Bialowieza (Polonia), junto a la antigua frontera soviética).

Por fin, es preciso indicar que, aunque parezca paradójico, las guerras pueden facilitar la aparición temporal de zonas de refugio para la vida silvestre. Esto ocurre sobre todo en zonas de seguridad militar, bien defendidas pero vetadas a la población, o en torno a fronteras que se vuelven herméticas y de las que la gente es expulsada. En ocasiones estos “no man’s lands”, que deberían ser temporales, se mantienen tras el final del conflicto y acaban convirtiéndose en zonas de interés natural. Un buen ejemplo de esta situación se produjo en Europa a lo largo de todo el antiguo “telón de acero” que dividía en dos el continente.

8.5.2 LAS SECUELAS DE LOS CONFLICTOS

Las guerras tienen efectos ambientales muy desiguales. Algunas veces alteran los ecosistemas o modifican el equilibrio entre las especies aunque su impacto ambiental no resulta fácilmente perceptible a simple vista. En otras ocasiones, en cambio, sus secuelas son generalizadas y quedan impresas en los paisajes durante largos periodos de tiempo. En tales casos una resiliencia completa no es siempre posible y, caso de serlo, resulta siempre delicada y muy lenta.



En las zonas más afectadas por los combates o bombardeos después de la guerra subsisten muy pocas formas de vida aparte de algunas plantas oportunistas.

Foto: imagen de Beirut poco después de terminar la guerra civil (1975-1990).

No obstante, lo normal es que tras la finalización del conflicto las plantas reaparezcan espontáneamente y las ruinas o suelos devastados reverdezcan muy deprisa. De este modo se inicia un nuevo proceso de sucesión que, con el paso del tiempo, permitirá la recuperación de una cubierta vegetal similar a la preexistente. Esta primera fase es muy rápida ya que, normalmente, el conflicto no elimina todas las formas de vida, tal como ocurre con ciertos grandes accidentes, sino que produce una destrucción selectiva y muy desigual en el territorio que permite la supervivencia de especies resistentes y de rápido crecimiento que se encargarán de suministrar abundantes semillas.

Sobre antiguas parcelas agrarias o en zonas próximas a ellas el primer estadio suele ser protagonizado por las “malas hierbas” que acompañaban a los cultivos y que se adueñan del terreno una vez desaparecidos éstos. Rápidamente se les unirán diversas plantas nitrófilas y ruderales (como ortigas, zarzas o diversas gramíneas dependiendo de la región) y, en ocasiones, taxones de carácter invasor que sacan provecho de la existencia de nichos vacíos. Por fin, aparecerán los ambientes preforestales en los que las herbáceas cederán protagonismo a las plantas leñosas preluando las formaciones maduras.

Sucesiones del mismo estilo, e igualmente rápidas, se producen en los agroecosistemas y en los sistemas urbanos, cada uno con sus especificidades. Así, tras los bombardeos de la II Guerra Mundial, Londres fue literalmente invadida por *Epilobium angustifolium* que, a su vez, atrajo a la gran esfinge morada, *Deilephila*

elpenor cuyas larvas se alimentan de él. Sin embargo, la desaparición de los solares vacíos a medida que se reconstruía la ciudad acabó con las plagas (aunque ambas especies han quedado, desde entonces, instaladas en el ecosistema urbano londinense).



Los enfrentamientos y desplazamientos de población implican el abandono de amplias superficies agrarias que, rápidamente, son colonizadas por la vegetación.

Foto: parcelas abandonadas en Cule (Bosnia y Herzegovina).

En muchos casos después de un conflicto la regeneración espontánea de una cubierta parecida a la preexistente no es posible a causa de los cambios que éste produce en la población y en los usos del suelo. Las guerras pueden desencadenar desplazamientos de población, el abandono de ciertas áreas, la masificación de otras o la aparición de nuevas demarcaciones administrativas todo lo cual, inevitablemente, afecta a la evolución posterior de la vegetación y de los ecosistemas.

La ocupación israelí de los Altos del Golán ha modificado profundamente el mosaico preexistente de usos del suelo. La mayoría de las antiguas parcelas cultivadas, cercadas con seto o muros de piedra, han quedado abandonadas y el movimiento de los rebaños por el monte ha decaído y ha sido muy restringido. Estos hechos han permitido la aparición de una maquia incipiente o de un magro herbazal salpicado de arbustos leñosos en gran parte del territorio. Sin embargo, en algunos de los lugares más favorables se ha modificado el parcelario y se han plantado cultivos forestales o se han establecido modernas explotaciones agrarias, mucho más intensivas pero, también, más pobres ambientalmente que las que había con anterioridad. Por fin, se han creado muchos asentamientos que hoy albergan a una numerosa población inmigrante y que generan una importante presión sobre su entorno inmediato. Transcurridas casi cuatro décadas desde la Guerra de Yom Kipur, el paisaje y, probablemente, la biodiversidad de esta meseta han experimentado cambios difícilmente reversibles.

Pero las transformaciones más importantes son las que experimentan las superficies que quedan inutilizadas para los usos humanos “normales” tras haber sido sembradas de minas. Esta práctica, desgraciadamente muy frecuente y que podría afectar hoy a cerca de 900.000 km² en todo el mundo, obliga a los campesinos a abandonar sus tierras e impide la normal explotación de sus recursos. Dado que el desminado es

extremadamente costoso y que el riesgo de explosión persiste durante muchas décadas (tal vez incluso siglos), las comunidades afectadas son incapaces de solucionar el problema con sus propios recursos y en los países más pobres el abandono consiguiente de tierras puede considerarse como irreversible a medio plazo.



Después de algunas guerras amplias superficies quedan sembradas de minas lo que obliga a la población a abandonar su uso y permite la conservación o recuperación del medio natural. En algunas regiones estas áreas encierran en la actualidad los mejores valores ambientales de sus regiones respectivas aunque su puesta en valor o cualquier tipo de intervención en su interior son muy complicados y costosos.

Foto: vegetación halófila en un sector del desierto que fue escenario de cruentas batallas en la II Guerra Mundial y que permanece hoy sembrado de minas (Sallum, Egipto).

Las minas antipersona causan la muerte de grandes animales (se ha documentado la de osos en Croacia) y, cuando estallan accidentalmente, producen destrozos en los suelos y plantas circundantes aunque estos daños son muy limitados. En cambio, al hacer desaparecer los factores humanos de estrés de amplias superficies, permiten que el entorno vuelva a regirse por leyes naturales y hacen posible la conservación o regeneración de los ecosistemas locales. En algunas zonas del mundo, las mejores representaciones de ambientes “naturales” coinciden hoy con áreas minadas.

Pero las minas no siempre son favorables al medio natural ya que la falta de labores silvícolas o la imposibilidad de actuar normalmente en las superficies afectadas por ellas puede volverse en contra de la vegetación.

Esto ocurrió en 2003 cuando una ola de incendios forestales asociada a un verano excepcionalmente caluroso no pudo ser combatida con medios terrestres a causa de las minas y calcinó extensas superficies en Bosnia-Herzegovina.



La presencia de minas impide tanto la explotación de la madera como el mantenimiento de las labores silvícolas y está propiciando cambios, no necesariamente favorables, en la estructura y composición de numerosos bosques de todo el mundo.

Foto: regeneración del robleal en pinares minados en Rotimlja (Bosnia y Herzegovina).

La destrucción del bosque y la alteración del terreno producidos por la guerra repercuten en otros aspectos del medio físico (erosión, hidrología, microclima...) y deja un ambiente desolado que evoca con demasiada crudeza episodios que la gente desea olvidar. De ahí que en los países que se lo pueden permitir se pongan muchas veces en práctica acciones destinadas a restaurar el bosque o a facilitar su rápida recuperación.

Este ha sido el caso de Vietnam, país de escasos recursos que ha tenido que hacer frente a una ingente labor de reconstrucción casi en solitario y donde el gobierno ha promovido ambiciosos programas de reforestación. Gracias a ellos se han recuperado significativos sectores de pluvisilva o de manglar aunque la labor ha resultado más compleja de lo que se imaginó en un primer momento y está requiriendo un esfuerzo mayor.

Un ejemplo ilustrativo de ello lo ofrece el bosque de Ma Da, exuberante pluvisilva situada a un centenar de km al Norte de Saigón (HCMC) que tras ser totalmente destruida por efecto de los defoliantes dio paso a una especie de sabana estéril e inutilizable de "hierba americana" (*Imperata cylindrica*). Terminada la guerra, los técnicos vietnamitas plantaron árboles autóctonos pero los primeros intentos fracasaron ya que los árboles, privados de la sombra que debería protegerles durante sus primeras fases de crecimiento, fueron incapaces de soportar la competencia ejercida por la "hierba americana" y la alta frecuencia de los incendios introducida por esta gramínea altamente igniscible. Para contrarrestar estos inconvenientes, se eliminó la hierba de algunas áreas y en su lugar se plantaron árboles o arbustos exóticos de rápido crecimiento y que toleran bien una elevada insolación tales como *Indigofera tenesmani*, *Acacia auriculiformis*, *Eucalyptus tereticornis* o *Casia siamea*. Esta plantación fue un éxito y cuando los árboles alcanzaron suficiente altura, se plantaron a su sombra, diversas especies locales de *Dipterocarpus*. Tras más de una década de ensayos los árboles autóctonos lograron por fin arraigar, están creciendo rápidamente y empiezan a ser frecuentados por aves que, a su vez, se encargarán de traer consigo semillas de otras plantas. Cuando las especies locales superen en altura a las exóticas éstas, necesitadas

de sol, empezarán a declinar y se espera que terminen desapareciendo o pasando a un discreto segundo plano.



Algunos países han puesto en marcha ambiciosos programas para hacer posible la recuperación de los bosques destruidos por los conflictos bélicos aunque su costo es muy elevado y las acciones no suelen beneficiar más que a un pequeño porcentaje de las superficies dañadas.

Foto: plantaciones de árboles en zonas deforestadas de Vietnam. Documento expuesto en el Museo de Recuerdos de la Guerra de Ciudad Ho Chi Minh (Vietnam).

El ejemplo anterior ilustra bien las dificultades que entraña la recuperación del bosque allí donde la destrucción ha sido total y el tiempo que se necesita para ello. Pero también la importancia que adquiere el factor humano en los países más densamente poblados y desestructurados por un conflicto: cada año se sigue perdiendo mucha más superficie forestal en Vietnam a causa de la presión agraria y la recogida de leña que la que se recupera a costa de estos esfuerzos ingentes.

Un ejemplo muy distinto es el de los “bosques de guerra” que han sido creados en Francia, Bélgica, Alemania y algunos otros países europeos tras la I Guerra Mundial. En el Norte de Francia este conflicto ha sido el que ha causado cambios más radicales en el paisaje ya que la franja ocupada por el frente quedó totalmente arrasada (áreas del valle del Somme, Vimy, Meuse, Verdun...) y en gran parte de su superficie se han restaurado o creado extensos bosques.

Tras la guerra se impidió a los agricultores volver a sus campos, que se habían vuelto excesivamente peligrosos a causa de la gran cantidad de explosivos y munición química que había quedado dispersa por ellos y a la fuerte contaminación de los suelos. En un primer momento se plantaron en estos lugares varios tipos de pinos y abetos, resistentes y fáciles de manejar aunque, rápidamente, las plantaciones se diversificaron y acabaron incluyendo un gran número de especies tanto autóctonas (haya, fresno, abedul, aliso...) como exóticas (robinia, alerce japonés...). Por fin, a partir de los años 70 empezaron a

sustituirse las coníferas por caducifolios autóctonos (principalmente haya) y se favoreció la regeneración natural para facilitar la resiliencia ecológica frente a situaciones adversas.



En la franja ocupada por el frente de la I Guerra Mundial la vegetación natural y los cultivos quedaron totalmente destruidos. Terminada la guerra, una gran proporción de dicha franja no podía ser devuelta a la agricultura y fue convertida en bosque aunque algunas áreas se han dejado abiertas como testimonios de la guerra.

Fotos: estado de las trincheras alemanas en Delville (1916) y bosque de Verdun en la actualidad. Imágenes de dominio público disponibles en

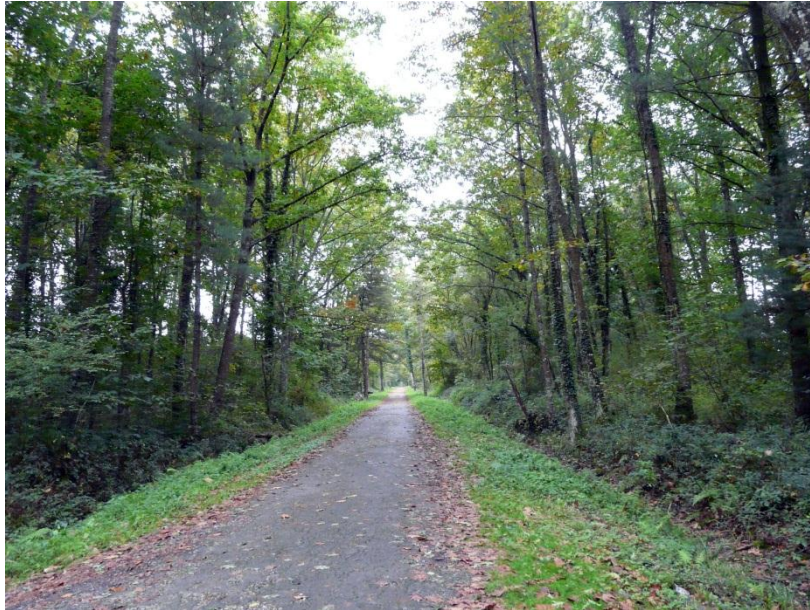
http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:German_trench_Delville_Wood_September_1916.jpg y

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d8/Landscape_in_Verdun_Forest.jpg

En la actualidad, estos bosques han alcanzado un importante grado de madurez y, a pesar de su carácter artificial y de contener muchas especies alóctonas, han sido incorporados en la red Natura 2000 por su importancia ornitológica: al situarse en una región muy transformada y ocupada casi exclusivamente por agrosistemas, muchos de ellos son, hoy por hoy, los mejores refugios forestales para la biodiversidad de la zona.

Antes de la guerra la agricultura en campos abiertos era la actividad dominante y la que estructuraba la totalidad de un espacio agrario donde la presencia de arbolado era relativamente marginal. En cambio, en la actualidad, los bosques tapizan la mayoría de la franja ocupada por el antiguo frente recubriendo lo que hace un siglo eran campos de cultivo o incluso núcleos de población.

Sin embargo, no todos los bosques que se pueden ver hoy son totalmente artificiales ya que la vegetación, tras la guerra, mostró una sorprendente capacidad de resiliencia incluso en los suelos más alterados (tal como suele ocurrir en todas estas ocasiones). Ello permitió la rápida aparición de formaciones originales que, con el paso del tiempo, acabarían dando paso a los estadios sucesionales propios de la región. No obstante, no existe información ecotoxicológica suficiente para valorar las secuelas de la contaminación química que sigue afectando a estos lugares y que, sin duda, repercute en muchas de sus especies.



Los bosques que se formaron o que fueron plantados sobre los antiguos escenarios de guerra suelen presentar una gran simplicidad estructural y una biodiversidad moderada aunque incluyen bastantes taxones exóticos denotando su carácter artificial y corta edad.

Foto: bosque plantado sobre el antiguo campo de concentración ubicado en Gurs (Pyrénées Atlantiques, Francia)

Sin embargo, no todas las administraciones posteriores a las guerras tienen ni la misma sensibilidad ni la misma capacidad de actuación. Muchos conflictos vienen seguidos de gobiernos débiles incapaces de controlar eficazmente el territorio o de impedir que grupos de poder corruptos aprovechen el desorden para saquear sus recursos naturales.

Esta situación es patente en Bosnia-Herzegovina donde el paisaje refleja las múltiples y a veces contradictorias consecuencias de la guerra: ruinas de pueblos vaciados por las “limpiezas étnicas”, antiguos campos de cultivo invadidos por un tapiz uniforme de vegetación preforestal pero, sobre todo, viejos bosques totalmente destruidos por talas a matarrasa realizadas por empresas frecuentemente irregulares afines a parte de la clase política actual.

Antes de la guerra los bosques ocupaban más de la mitad de la superficie del país e incluían algunas de las mejores masas de Europa. Sin embargo, han bastado algunos años de expolio para que este porcentaje descienda al 30% y la sobreexplotación no parece tener más freno que la presencia de minas en muchos bosques. Aunque parezca una ironía macabra, las minas defienden al bosque bosnio mucho mejor que la ley.

La recuperación del bosque no cierra el ciclo de los “ecosistemas de la guerra” ya que el suelo de muchas áreas contiene municiones sin explotar, chatarra militar y todo tipo de sustancias u objetos potencialmente contaminantes que pueden producir efectos indeseables en los organismos o en los hábitats bastantes décadas después de haber sido depositados y cuando las huellas visibles del conflicto ya han desaparecido del paisaje. Muchas de las sustancias contaminantes no son biodegradables y además son bioacumulables. Los metales pesados, por ejemplo, contaminan todas las cadenas tróficas y alcanzan altas concentraciones en los consumidores situados en los niveles superiores cuya salud o capacidad reproductiva se deterioran gravemente. A causa de ello muchos hongos o animales procedentes de los “bosques de guerra” del Norte de Francia (Verdun...), Bélgica (Ypres...) o Alemania no son aptos para el consumo humano pese a que el origen de la contaminación cesó hace casi un siglo.

En el valle del Woëvre, en Lorena, un estudio reciente ha detectado una concentración de arsénico diez mil veces más elevada que en el resto del antiguo frente y documenta una mortalidad anómala de la mayor parte de los animales y plantas causada por la contaminación por metales pesados. En otros lugares próximos la biodiversidad de insectos y plantas podría ser inferior a la normal y se han citado indicios de anomalías similares en otros muchos lugares del mundo aunque la información disponible es aún demasiado fragmentaria y no permite realizar un balance de las consecuencias ecológicas de la guerra a largo plazo.



La destrucción y abandono de asentamientos humanos como consecuencia de la guerra produce a medio plazo cambios muy importantes en el paisaje y en los ecosistemas.

Foto: Igrane (Croacia).

8.6 VIDA Y BIODIVERSIDAD, LAS DOS CARAS DE UNA MISMA MONEDA

Los organismos vivos toleran muy mal los efectos de la transformación de sus hábitats y no son capaces de soportar los desastres por lo que después de un incendio, de una marea negra, de un bombardeo o, incluso, de la urbanización de un polígono, da la impresión de que la naturaleza ha sido definitivamente erradicada del entorno. Sin embargo, cuando se retorna a estos mismos lugares al cabo de algunos años o décadas sorprende observar que la vida no sólo se ha vuelto a adueñar del territorio sino que incluso, en ciertos casos, parece haberse beneficiado de la crisis.

A la vista de estos hechos uno se pregunta por la fuerza que permite a la naturaleza recuperarse una y otra vez tras cada episodio de muerte y la respuesta a este interrogante resulta obvia: esa “fuerza” es la propia vida. La vida tiene una extraordinaria capacidad para resurgir una y otra vez adoptando nuevas formas, nuevos mecanismos de adaptación para superar los obstáculos, nuevas especies... La vida, como ente abstracto, se perpetúa a sí misma a través de los seres vivos de forma que la destrucción de un ecosistema implica, ante todo, la aparición de un nuevo espacio dispuesto para ser colonizado por nuevas especies. Las perturbaciones desestructuran los ecosistemas al aniquilar a un gran número de seres pero, al mismo tiempo, suponen la aparición de recursos o de nichos ecológicos que otros individuos de las mismas especies o de otras diferentes aprovecharán enseguida con lo que rápidamente se restablece el equilibrio (que puede ser similar o distinto al preexistente).

Las primeras que colonizan un territorio desocupado son plantas oportunistas. Dichas especies se caracterizan por su gran plasticidad ecológica (y, por tanto, capacidad para colonizar incluso los entornos más desfavorables), por desarrollar muy deprisa sus ciclos vitales y, sobre todo, por su gran eficacia reproductiva. Esto último lo consiguen produciendo un elevado número de propágulos, esporas o semillas y logrando que se diseminen bien para aumentar sus probabilidades de lograr una descendencia.

Gracias a esta capacidad de diseminación, los espacios vacíos están recibiendo continuamente propágulos de especies oportunistas procedentes de las áreas vecinas. Cuando el ecosistema está bien conservado y no existen nichos vacíos, las plantas oportunistas no logran instalarse ya que las preexistentes, que están muy bien adaptadas a su territorio, lo defienden eficazmente de las intrusiones. Sin embargo, si el ecosistema está alterado y aparecen nichos ecológicos o espacios sin explotar, las especies oportunistas serán pioneras a la hora de colonizarlo y, una vez instaladas, facilitarán el progresivo restablecimiento de un ecosistema de mayor complejidad. El oportunismo puede por tanto ser visto como una adaptación de tipo cuantitativo a las perturbaciones de los ecosistemas.

Cuando en determinado lugar una perturbación de cualquier tipo se repite con mucha frecuencia, ésta acaba por convertirse en parte integrante de su historia evolutiva. En esos sitios es posible que ciertas especies se especialicen desarrollando mecanismos propios de adaptación que les permiten sobrellevar mejor los sucesivos episodios adversos y, de este modo, imponerse a las demás. Los ejemplos son numerosísimos y abarcan todas las situaciones imaginables e incluyen, entre otras:

- Las plantas pirófitas, descritas con anterioridad, que se benefician de los incendios en su competición con las demás especies o que incluso “utilizan” el fuego para la dispersión o germinación de sus semillas.
- Bacterias como *Alcanivorax borkumensis* que se alimenta de hidrocarburos. Presentes en todos los océanos aunque poco numerosas en condiciones

normales, estas bacterias proliferan vertiginosamente cuando se produce un vertido degradando rápidamente el petróleo y facilitando su emulsificación.

- Vegetales capaces de vivir en ambientes muy contaminados por metales pesados (cinc, cadmio, plomo, etc). Es el caso de *Psychotria douarrei* que neutralizan el níquel haciéndolo reaccionar con sus propios ácidos orgánicos y que posteriormente lo almacenan en sus hojas o de *Agrostis castellana*, una gramínea muy común capaz de acumular plomo, arsénico, aluminio, manganeso y cinc.
- Bacterias u hongos tales como *Deinococcus radiodurans* o *Cryptococcus neoformans*, capaces de soportar tasas de radiactividad que resultan letales a cualquiera otra especie.

Estos taxones adquieren una gran importancia en el caso de los desastres humanos aunque su origen es anterior a nuestra cultura y la adquisición de sus caracteres especiales se ha producido como mecanismo de defensa frente a situaciones estrictamente naturales: incendios producidos por rayos o erupciones, escapes de hidrocarburos en los fondos oceánicos, suelos con alto contenido en metales, etc. Incluso es posible que la particular resistencia de algunos organismos no sea más que una consecuencia indirecta de su adaptación “a otra cosa” tal como se ha comprobado en *D.radiodurans* cuya tolerancia a la radiactividad es un efecto colateral de la adaptación de su ADN a condiciones de extrema sequedad. Estos taxones, a los que pueden sumarse todos los extremófilos, demuestran la sorprendente plasticidad de la vida y su aptitud para adaptarse a cualquier tipo de ambiente generando organismos capaces de soportar las condiciones más adversas.

El motor de esta aptitud es la variabilidad genética originada por las mutaciones y gracias al intercambio sexual entre individuos de una misma especie. Dicha variabilidad da lugar continuamente a una enorme cantidad de caracteres y pequeñas diferencias. En la mayor parte de los casos estos nuevos caracteres no aportan ningún beneficio y pasan desapercibidos o son eliminados por la selección natural pero, de vez en cuando, suponen la adquisición de un rasgo “útil” que otorga algún tipo de ventaja a la especie.

Cada vez que un desastre supera la capacidad de adaptación de una especie ésta se extingue. Sin embargo, la desaparición de una población, especie o, incluso, ecosistema no significa que lo haga la vida. La mejor prueba de ello es que ésta se ha mantenido a lo largo de 3700 millones de años superando al menos cinco periodos de extinciones generalizadas causadas por la colisión con grandes asteroides, erupciones a la escala de todo un continente o crisis climáticas planetarias. En cada uno de estos episodios se produjo la desaparición de la mayor parte de los animales y plantas existentes pero, en cada ocasión, las extinciones supusieron también un estímulo para la evolución y permitieron la rápida aparición de un gran número de nuevas especies más complejas genéticamente y más perfectas que las que les precedieron.

Cuanto mayor es la biodiversidad de un ecosistema más probable es que éste sea capaz de adaptarse a los cambios y de recuperarse tras un periodo de crisis: a mayor número de especies, mayor probabilidad de que algunos individuos sobrevivan y puedan convertirse en el punto de partida de un proceso de sucesión o contribuyan al restablecimiento de una cadena trófica. La biodiversidad se convierte por ello en una especie de “seguro de vida” para los ecosistemas y, por extensión, para el conjunto de la Biosfera.

Sin embargo, la intensidad, frecuencia y extensión de nuestras agresiones al medio natural son crecientes y hay que ser conscientes de que a partir de un determinado momento la capacidad de resiliencia de los ecosistemas puede ser superada haciendo imposible su mantenimiento. Es difícil prever cuáles serían las consecuencias de una

posible generalización de esta situación pero no es aventurado afirmar que resultarían catastróficas para el ser humano (que no deja de ser una especie más tan dependiente del equilibrio natural como todas las demás).

Si tal como creen numerosos especialistas la humanidad desencadena un nuevo periodo de extinciones generalizadas por el efecto combinado de la antropización de la superficie terrestre y de la modificación del clima, desaparecerían numerosas especies (incluyendo probablemente la nuestra) y la mayoría de los ecosistemas quedarán gravemente perturbados. Sin embargo, frente a la vulnerabilidad de los distintos constituyentes de la Biosfera (individuos, especies o ecosistemas) se encontrará siempre la extraordinaria fortaleza de la vida y, con presencia humana o sin ella, ésta se recuperará una y otra vez haciendo que nuestro maravilloso planeta, azul, blanco y verde siga siendo totalmente distinto a todos los demás.