



Sustento del uso justo
de **Materiales Protegidos**
derechos de autor para
fines educativos



UCI

Universidad para la
Cooperación Internacional

UCI

Sustento del uso justo de materiales protegidos por Derechos de autor para fines educativos

El siguiente material ha sido reproducido, con fines estrictamente didácticos e ilustrativos de los temas en cuestión, se utilizan en el campus virtual de la Universidad para la Cooperación Internacional – UCI - para ser usados exclusivamente para la función docente y el estudio privado de los estudiantes en el curso “Regeneración y rehumanización del paisaje urbano” .

La UCI desea dejar constancia de su estricto respeto a las legislaciones relacionadas con la propiedad intelectual. Todo material digital disponible para un curso y sus estudiantes tiene fines educativos y de investigación. No media en el uso de estos materiales fines de lucro, se entiende como casos especiales para fines educativos a distancia y en lugares donde no atenta contra la normal explotación de la obra y no afecta los intereses legítimos de ningún actor.

La UCI hace un USO JUSTO del material, sustentado en las excepciones a las leyes de derechos de autor establecidas en las siguientes normativas:

- a- Legislación costarricense: Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos, No.6683 de 14 de octubre de 1982 - artículo 73, la Ley sobre Procedimientos de Observancia de los Derechos de Propiedad Intelectual, No. 8039 – artículo 58, permiten el copiado parcial de obras para la ilustración educativa.
- b- Legislación Mexicana; Ley Federal de Derechos de Autor; artículo 147.
- c- Legislación de Estados Unidos de América: En referencia al uso justo, menciona: "está consagrado en el artículo 106 de la ley de derecho de autor de los Estados Unidos (U.S.Copyright - Act) y establece un uso libre y gratuito de las obras para fines de crítica, comentarios y noticias, reportajes y docencia (lo que incluye la realización de copias para su uso en clase)."
- d- Legislación Canadiense: Ley de derechos de autor C-11– Referidos a Excepciones para Educación a Distancia.
- e- OMPI: En el marco de la legislación internacional, según la Organización Mundial de Propiedad Intelectual lo previsto por los tratados internacionales sobre esta materia. El artículo 10(2) del Convenio de Berna, permite a los países miembros establecer limitaciones o excepciones respecto a la posibilidad de utilizar lícitamente las obras literarias o artísticas a título de ilustración de la enseñanza, por medio de publicaciones, emisiones de radio o grabaciones sonoras o visuales.

Además y por indicación de la UCI, los estudiantes del campus virtual tienen el deber de cumplir con lo que establezca la legislación correspondiente en materia de derechos de autor, en su país de residencia.

Finalmente, reiteramos que en UCI no lucramos con las obras de terceros, somos estrictos con respecto al plagio, y no restringimos de ninguna manera el que nuestros estudiantes, académicos e investigadores accedan comercialmente o adquieran los documentos disponibles en el mercado editorial, sea directamente los documentos, o por medio de bases de datos científicas, pagando ellos mismos los costos asociados a dichos accesos.

PROYECTAR CON LA NATURALEZA

KEN YEANG

ECOLÓGICAS PARA EL PROYECTO ARQUITECTÓNICO

1 - Ecología y proyecto

El proyecto y el debate ecológico

Los términos *arquitectura verde* y *arquitectura sostenible* no son sino diferentes formas de expresar el hecho de proyectar con la naturaleza y de un modo ambientalmente responsable. La creciente preocupación por el deterioro de los sistemas naturales de la Tierra (es decir, los ecosistemas dentro de la biosfera) ha suscitado una variedad de reacciones por parte de los proyectistas; como consecuencia, hay múltiples puntos de vista acerca de qué es un proyecto ecológicamente responsable. El proyecto concebido con relación a los problemas ecológicos de la Tierra remite al futuro y, por lo tanto, es tanto un pronóstico como una hipótesis! Ello queda ilustrado por el concepto de *sostenibilidad*, que se define como: "calidad de satisfacer las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas propias" (McDonough, 1992).

Por una parte, el debate sobre esos problemas afecta a todo el mundo, ya que se refiere al futuro; y, por otra, es difícil formarse un juicio claro y definitivo sobre este tema, ya que, en última instancia, su veracidad o falsedad sólo podrán ser demostradas en el futuro.

Esto ha favorecido que se adopten posiciones extremas. Hay quien predice un próximo "fin del mundo" (p. ej., Ehrlich y Ehrlich, 1970; Commoner, 1971; Meadows *et al.*, 1972; Shiva, 1993); pero también hay otros que sostienen que deberíamos tener más fe en la tecnología para resolver los problemas medioambientales y

más confianza en la adaptabilidad de la biosfera y la humanidad (Engensberger, 1974; Kahn, 1978; Vale y Vale, 1991b). La verificación de estas posiciones opuestas está por demostrar. Además de esos puntos de vista, está el de los que reconocen su ignorancia sobre el tema, pero sacan la conclusión de que antes de tomar ninguna resolución drástica, para resolver los problemas ambientales, es preciso investigar más. En un momento como el actual, en que los defensores de este punto de vista son, casualmente, los más implicados en la construcción del entorno edificado, esta posición resulta una excusa fácil para no hacer frente a las consecuencias ambientales de la edificación.

Sin embargo, en la ecología aplicada y en sus disciplinas afines, existe un vasto campo de conocimiento que comprende las medidas preventivas y correctoras que se tenían que haber adoptado en su momento y que, desgraciadamente, no se adoptaron. Si bien casi todos coincidimos en que la investigación debe seguir adelante, también hay que reconocer que muchos de los sistemas y procesos ecológicos de la Tierra son excesivamente complejos como para ser cuantificados y representados en su globalidad. Arquitectos, diseñadores e ingenieros, así como todo aquellos cuya obra afecta al medio ambiente, han de tomar decisiones cada día y emprender acciones basándose en la información disponible actualmente. Por lo tanto, es vital que el insuficiente nivel de conocimientos actual no sea utilizado como una excusa para la omisión de medidas preventivas o correctoras y para eludir la responsabilidad sobre el impacto ambiental de los proyectos de edificación.

La importancia de adoptar criterios de proyecto basados en un adecuado conocimiento de los aspectos ecológicos es obvia. Las decisiones de proyecto y planeamiento que se adoptan en el momento presente no sólo tienen un efecto inmediato sobre la sociedad, sino que también pueden influir en la calidad ambiental que leguemos a las generaciones futuras. Sin embargo, la valoración y los criterios proyectuales han de basarse en lo que *ya* es conocido, y no en el desconocimiento o en la absoluta exclusión de las consideraciones ambientales.

El concepto del ambiente en el proyectista y en el ecologista

Para proyectar de una manera ecológicamente responsable y sensible, es preciso adoptar un planteamiento del proyecto de edificación holista y globalizador. Sin embargo, antes de seguir adelante, es necesario comprender algunos de los conceptos básicos de la ecología, incluyendo la estructura y la función de los ecosistemas, específicamente desde el punto de vista del proyectista. Lo que aquí se pretende es seleccionar aquellos aspectos de la ecología que puedan influir sobre el proceso de proyecto, sobre las decisiones a adoptar y sobre el propio sistema proyectado. Hasta ahora, la ecología y la biología ambiental han sido poco y mal comprendidas por los proyectistas; en muchos casos, esa deficiente comprensión ha conducido a importantes e irreparables daños medioambientales, que podrían haberse previsto a tiempo si se hubieran adoptado las medidas preventivas idóneas desde un principio.

Una discrepancia inmediata entre el proyectista y el ecologista radica en el distinto modo de entender el entorno o medio ambiente. Se puede establecer una distinción entre el producto final de nuestro proceso de proyecto como *sistema* proyectado, objeto primario de nuestro esfuerzo, y su *entorno* (aquellas partes del mundo exterior que interactúan con él). La validez de cualquier modelo de un sistema, y de la descripción del sistema que el modelo suministra, dependen no sólo del carácter del modelo, sino también de las hipótesis que establezcamos sobre el entorno del sistema y sobre la interacción entre entorno y sistema. De ahí se deduce que si el proyectista establece unas hipótesis iniciales erróneas acerca del medio ambiente y del sistema proyectado, el resultado futuro será una cierta disonancia en el contacto entre el sistema proyectado y su ambiente.

La importancia del medio ambiente para el sistema que se aloja en su seno es fácilmente visible. En el caso de los sistemas vivos, por ejemplo, su medio ambiente y su estabilidad juegan un papel vital en su supervivencia (Sears, 1956). Salvo en aquellos casos especiales de sistemas completamente aislados del mundo exterior (p. ej., en la termodinámica clásica), todo sistema viviente sobre la superficie de la Tierra se ve afectado de alguna manera por el esta-

do y la estabilidad de su entorno. Cada acto de construcción redundante en una alteración del entorno.

Actualmente, muchos proyectistas tienden a concebir erróneamente el medio ambiente y su estado como una zona exclusivamente física y espacial (es decir, como un emplazamiento y una ubicación geográfica), sin tener una conciencia plena (o, en algunos casos, prefiriendo ignorarla) de los sistemas ecológicos y biológicos preexistentes en los terrenos donde se emplazan sus proyectos. Muchos de los planteamientos de proyecto pretendidamente *verdes*, muestran una lamentable carencia de comprensión global de los ecosistemas terrestres y su funcionamiento (véase Vale y Vale, 1991a, b, etc.). En un planteamiento de proyecto auténticamente ecológico, el concepto de entorno ha de ser entendido de una forma mucho más global, abarcando no sólo el medio físico (inorgánico) para la edificación, sino también el biológico (orgánico) (Rowe, 1961; véase fig. 1-1). En la mayoría de los proyectos de edificación, vemos que, a menudo, el arquitecto o el proyectista omite completamente cualquier consideración sobre los componentes biológicos del ecosistema del terreno.

Para que el proyectista pueda apreciar el concepto que sobre el medio ambiente tiene el ecologista, es necesario entender primero un concepto central en el estudio de la ecología, el concepto de ecosistema.

Definimos *ecología* (término acuñado por Haeckel en 1869) como el estudio de las interacciones de los organismos, colonias de organismos y especies biológicas (incluyendo a los seres humanos) con su entorno, vivo o no; la distinta composición y estabilidad de grupos de especies geográficamente localizados, y el flujo de energía y materia entre tales grupos de especies (ecosistema) (Istock, 1973).

Los ecologistas sostienen que el conjunto de interacciones entre los componentes biológicos y físicos del medio ambiente constituye una unidad espacial que se llama "ecosistema" (Tansley, 1935). Este sistema ecológico, o ecosistema, se define como una unidad que abarca todos los organismos (es decir, la comunidad) de un área determinada y sus relaciones recíprocas con el medio físico, de modo que los flujos de energía que se producen entre ellos conducen a una estructura trópica claramente definida, a la diversidad biótica y a los ciclos materiales (es decir, los intercambios de

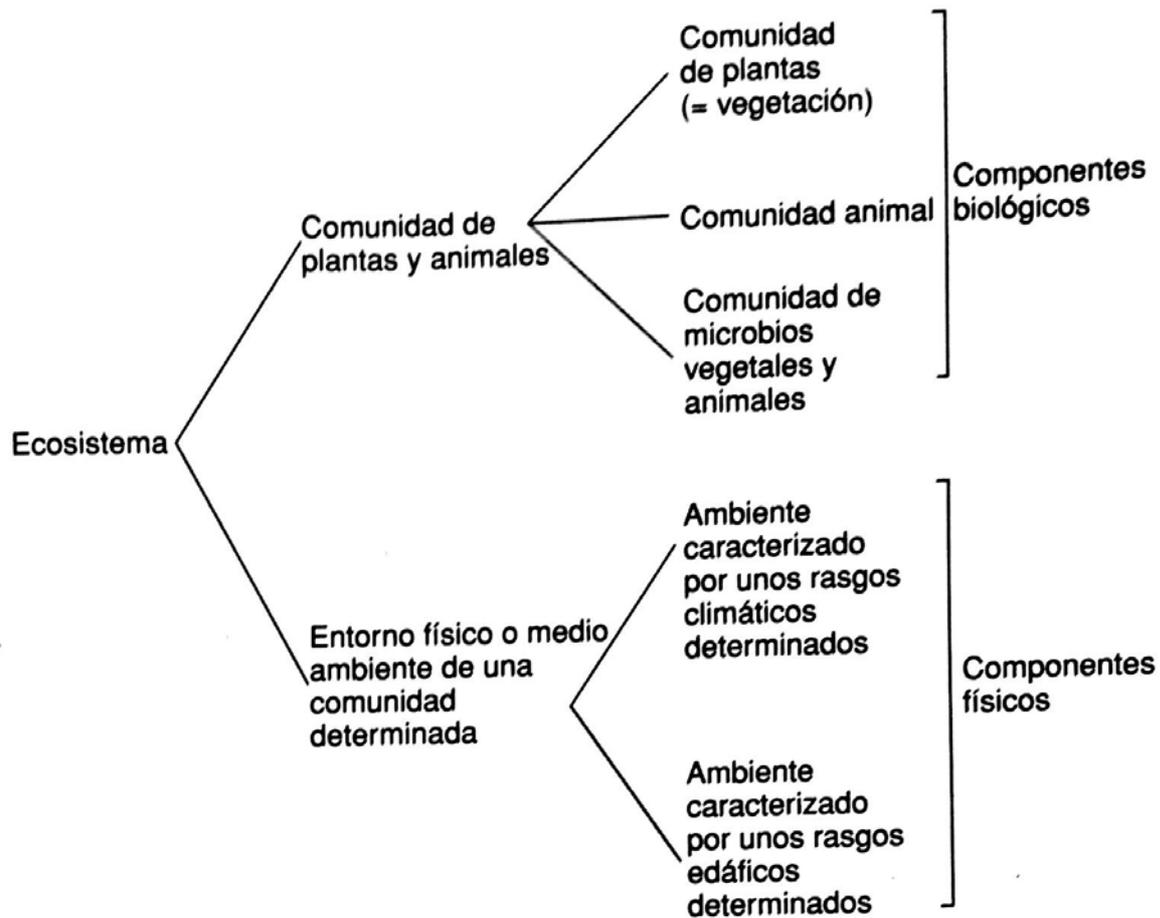


Figura 1-1 Descomposición del ecosistema en sus componentes biológicos y físicos (adaptado de Rowe, 1961).

materia entre las partes vivientes y no vivientes) dentro del sistema (Odum, E. O., 1971, p. 8).

En ecología, el término *ecosistema* se utiliza tanto para definir una unidad de estudio como para describir un concepto o un planteamiento (McIntosh, 1963). Por ejemplo, entendido como una *unidad de estudio*, puede aplicarse el término ecosistema a un medio terrestre o marino concreto durante un segmento bien definido en el espacio y en el tiempo (Van Dyne, 1969, p. 112). En un planteamiento más amplio, el *concepto* de ecosistema proporciona una base para el estudio de sistemas ambientales y su funcionamiento.

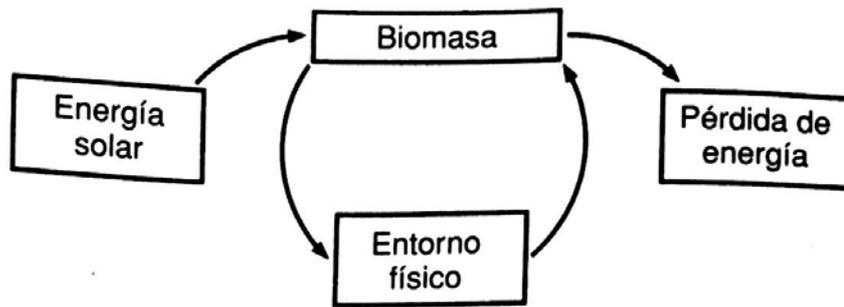


Figura 1-2 Circulación de energía

Entre las funciones que se desarrollan en el seno de un ecosistema se incluyen la transformación, la circulación y la acumulación de materia y energía por la intervención de los organismos vivos y sus actividades, y a través de procesos naturales (Van Dyne, 1969, p. 330; véase también fig. 1-2). Entre otras funciones del ecosistema se cuentan la fotosíntesis, la obtención de energía a partir de las plantas (organismos herbívoros), de los animales (organismos carnívoros), y la simbiosis (Van Dyne, 1966).

Los principales componentes de un ecosistema son los siguientes (Odum, E. P., 1972):

- *Sustancias inorgánicas* (carbono, nitrógeno, anhídrido carbónico, agua, etc.). Estas sustancias están incluidas en ciclos materiales dentro del ecosistema.
- *Compuestos orgánicos* (proteínas, hidratos de carbono, etc.). Estos compuestos reúnen sustancias bióticas y abióticas.
- *Factores climáticos* (temperatura, lluvia, grado de asoleo, etc.). El clima tiene unos efectos que favorecen o impiden que los organismos prosperen en un ecosistema determinado.
- *Organismos autótrofos* (productores). Son principalmente las plantas verdes, las cuales tienen la capacidad de fabricar alimentos a partir de sustancias simples. "Autótrofo" significa que se "autoalimenta", es decir, que se nutre a base de compuestos inorgánicos.
- *Organismos heterótrofos* (consumidores). Principalmente animales y vegetales sin clorofila, que se nutren de otros organismos. "Heterótrofo" significa que se "alimenta de otro". Existen tres tipos de organismos heterótrofos:

- *Herbívoros (consumidores primarios o "comedores de plantas")*. Los seres herbívoros obtienen la energía directamente de las plantas.
- *Carnívoros (consumidores secundarios o "comedores de carne")*. Los seres carnívoros obtienen la energía de las plantas verdes consumiendo herbívoros.
- *Consumidores terciarios*. Son carnívoros que se alimentan de otros carnívoros.
- *Organismos saprófitos*. Estos organismos, como las bacterias y los hongos, viven a expensas de materia orgánica en descomposición y contribuyen a la reducción de sustancias complejas en otras más simples.

Todos esos factores son una muestra de la complejidad de nuestro medio ambiente, que muchos proyectistas optan, cómodamente, por ignorar.

Antes de relacionar un proyecto con su entorno, es vital tener un exacto conocimiento del concepto de ecosistema. Éste es el primer aspecto importante en todo planteamiento de proyecto ecológicamente sensible. Esta necesidad se traduce en que, en primer lugar, es preciso estudiar y analizar holísticamente, el ecosistema en que se emplaza el proyecto, a fin de que podamos llegar a comprender detalladamente todos sus componentes y procesos (p. ej., las transformaciones energéticas) y su susceptibilidad al cambio y a la intervención prevista en el proyecto.

Paralelamente a esto, el planteamiento ecológico también exige el análisis de nuestro sistema proyectado. Éste puede consistir en una intrusión deliberada en el ecosistema del lugar en que se emplaza el proyecto, para entender y prevenir los cambios que acompañan a su estructura y funcionamiento derivados del hecho de imponerle un sistema artificial. No obstante, el alcance del impacto de esta intrusión varía en función de otros factores, como la diversidad y la estabilidad biológica del lugar de emplazamiento, la ubicación geográfica, la historia del desarrollo del lugar y la acción que se le impone. Por ejemplo, un emplazamiento rural acostumbra a tener más complejidad y diversidad biológica (por tanto, más sensible a la intervención) que un solar situado en una zona urbana ya desarrollada.

Muchas veces el causante de la mayoría de los modelos actuales

de urbanización, insensible al medio ambiente y de su progresivo estado de degradación, es un conocimiento simplista de la ecología de nuestro entorno por parte del proyectista. Así pues, conviene recalcar que cualquier planteamiento que pretenda solucionar los problemas del deterioro y contaminación ambiental debe partir, de manera imprescindible, de una comprensión asunción del concepto ecologista de medio ambiente (v. gr., Turkey *et al.*, 1965). Evidentemente, un planteamiento de este tipo dista mucho del enfoque tradicional en el cual, para el proyectista, el emplazamiento no pasa de ser una mera zona en el espacio. En cambio, para el ecologista, el emplazamiento es esencialmente un ecosistema vivo y en funcionamiento, cuyos componentes han de ser considerados holísticamente junto a las interacciones de todos sus procesos.

Límites finitos del uso de los ecosistemas y recursos de la Tierra

Otra premisa crucial para un proyecto ecológico es que el uso de los ecosistemas y recursos de la Tierra por parte del hombre no es ilimitado.

Los ecosistemas operan en la parte de la esfera terrestre en que se manifiesta la vida y que llamamos biosfera, la cual abarca la totalidad de los medios existentes en el manto terrestre. Podríamos describirla como el sistema biológico más amplio y completo existente sobre la Tierra; incluye todos los sistemas vivos terrestres y mantiene un sistema estable intermedio entre la aportación altamente energética del sol y el pozo térmico del espacio (Odum, E. P., 1969, p. 5). Dentro de esta biosfera, el flujo de materias tiende a ser cíclico (Sjors, 1955). El hecho de que este flujo siga un modelo cíclico tiene amplias consecuencias para el proyecto en lo relativo al uso de materias en el medio edificado. Podría establecerse una analogía según la cual el uso de materias en el medio edificado debería seguir, análogamente a la biosfera, un modelo cíclico (véase cap. 5).

Entre los ciclos bioquímicos de la biosfera se incluye la circulación de elementos químicos (p. ej., carbono, hidrógeno, oxígeno, nitrógeno, fósforo) del medio físico (v. gr., Hasler *et al.*, 1972). Entre esos ciclos también se incluyen la circulación de agua (el

ciclo hidrológico), los lentísimos procesos de erosión y levantamiento de los continentes (ciclo geológico), y los procesos complementarios de la fotosíntesis y la respiración (ciclo ecológico).

Pero aún más importante es el hecho de que la Tierra y la biosfera pueden ser consideradas como un "sistema de materias cerrado" con una masa finita. Los procesos y fenómenos que actúan sobre él están en continuo movimiento, y se puede considerar a la Tierra como una unidad ecológica.

Esta finitud define el límite inexorable al cual está sometido el uso humano de los recursos (orgánicos e inorgánicos) de la Tierra. Por lo tanto, la totalidad de interacciones entre los componentes bióticos y abióticos de todos los ecosistemas comprendidos en la biosfera (o ecosfera, según Cole, 1958) y las cantidades finitas de energía y recursos materiales de la Tierra, constituyen nuestro contexto ecológico y como tal debe ser considerado el factor limitador final de toda actividad proyectual. De ello se deduce la necesidad de hacer un uso prudente de todos esos recursos, dado que todo proyecto tiene lugar inevitablemente dentro de sus confines. Esta premisa implica que el proyectista debe perfeccionar y conservar el uso de los recursos de la Tierra (con un planteamiento sostenible del proyecto) si pretende asegurar su disponibilidad y continuidad para las generaciones venideras.

Ambiente natural y ambiente artificial

Al examinar la relación entre el ambiente artificial y el ambiente natural se puede plantear una dificultad para deslindarlos: ¿existe siempre una distinción tajante entre los elementos "artificiales" y los "naturales" en el medio ambiente? Un ejemplo de esta dificultad podría ser el terreno edificado pero en desuso, que ha vuelto a ser invadido espontáneamente por la vegetación y la vida animal, sin ninguna intervención o control por parte del hombre en esta última fase. En este ejemplo, el lugar ha sido afectado por el hombre y por la naturaleza. Esta dificultad para establecer una distinción tajante entre las acciones artificial y natural también se manifiesta en los numerosos términos empleados para describir las formas de vegetación sucesivas aparecidas en ciertos ecosistemas terrestres (Tansley, 1935; Clements, 1946; Philips, 1968).

Así pues, ni la palabra *natural* ni la palabra *artificial* resultan enteramente satisfactorias, dado que la gente forma parte de la naturaleza como componente biótico de la misma, y todas las comunidades, sometidas o no a una influencia decisiva por parte del ser humano, son asimismo parte de la naturaleza. Sin embargo, y debido a la generalizada influencia de la humanidad, no existe lugar en el mundo que quede completamente aislado respecto a sus efectos directos o indirectos. Así pues, ninguna parte de la Tierra puede ser considerada como totalmente natural; en todas partes se ha producido, alguna modificación humana del medio ambiente, aunque sólo sea un mínimo cambio debido a precipitación química desde el aire contaminado.

Algunos ecologistas afirman que las comunidades biológicas naturales consisten en el nacimiento espontáneo (natural) de especies de flora y fauna que son capaces de mantenerse a sí mismas y a su medio abiótico en ausencia del ser humano. Según este punto de vista, las comunidades artificiales serían las caracterizadas por las especies introducidas por los seres humanos, o favorecidas por las modificaciones llevadas a cabo por éstos, y que son incapaces de existir sin la ayuda o interferencia continua del hombre, p. ej., jardines y sistemas agrícolas (Duffey y Watt, 1970). Aunque para algunos fines esta distinción pueda tener utilidad, ambas categorías existen siempre como parte de la biosfera. Al mismo tiempo, es útil concebir la situación de un modo que queden bien patentes las subpartes interactivas y los componentes individuales (Angyal, 1941). A nuestros efectos, estableceremos una distinción sintética entre lo artificial y lo natural que nos pueda servir para nuestros fines analíticos. Por consiguiente, consideraremos a la gente como parte de un sistema cerrado y como parte de los procesos del medio natural, el cual, por ser unitario, ha de ser considerado como un importante factor que influye y limita las actividades humanas sobre la Tierra.

Interacción espacial entre ecosistemas

La siguiente premisa proyectual se basa en que el impacto de un proyecto no se limita al ámbito definido por sus lindes legales. La mayoría de los proyectistas tiende a dibujar los emplazamientos

de sus proyectos como si fueran zonas aparte, separadas de otras mediante verjas, muros y lindes. En la biosfera, sin embargo, los ecosistemas no son sistemas aislados, sino que tienen un ámbito espacial entrelazado que se caracteriza por sus partes y por las interacciones entre esas partes (Dasman, 1972). Las interacciones entre ecosistemas atraviesan los lindes artificiales creados por el hombre.⁴ Los ecosistemas en la biosfera han de ser considerados holísticamente como interdependientes. Precisamente, uno de los elementos más importantes del pensamiento ecologista es este énfasis en un enfoque holista (McIntosh, 1963; Billings, 1964; Boughey, 1971; Egler, 1972) que se incorpora al concepto de ecosistema (Tansley, 1935). Tanto en el interior de los ecosistemas como entre ellos, hay una red de dependencias recíprocas, de modo que los cambios que se produzcan en cualquier parte del sistema acabarán por afectar al funcionamiento de todo el conjunto (a corto o a largo plazo), aun cuando el grado de dependencia mutua pueda parecer remoto (Arvil, 1970; Williams y House, 1974).

De esto se deduce que el proyectista debe concebir el emplazamiento del proyecto en su contexto geográfico más amplio, como parte de su unidad de ecosistema definida por sus límites naturales. Dada la complejidad e inseparabilidad de las acciones recíprocas entre ecosistemas y dentro de un mismo ecosistema, el proyectista no debe adoptar un punto de vista fragmentario de un ecosistema, o lo que es lo mismo, no debe considerarlo como un segmento espacial o como un componente del ecosistema aislado. Por ejemplo, si el proyectista se centra únicamente en un fragmento y trata de perfeccionar su funcionamiento, lo más probable es que el resto del sistema responda de manera inesperada (Holling y Golberg, 1971). Por otra parte, cualquier acción humana sobre un ecosistema puede influir no solamente en su entorno inmediato, sino también en los ecosistemas que lo rodean y en otros de la biosfera. Por consiguiente, el planteamiento ecológico tiene mucho de planteamiento ambientalmente holista.

La importancia de esta premisa para los proyectos es evidente. Por ejemplo, muchos de los métodos existentes para el control de

⁴. Hay que observar que, aun cuando la estructura física pueda obstruir las rutas migratorias, en el ecosistema tienen lugar otras interacciones.

la contaminación medioambiental reclaman la eliminación de los contaminantes, pero, al final lo único que hacen es pasar de un contaminante a otro más conveniente (es decir, económicamente conveniente). La legislación que protege la contaminación de las aguas no menciona nada sobre la contaminación del aire o sobre la eliminación de los desperdicios sólidos (contaminación del suelo). Así, las autoridades locales responsables de la protección de los cursos de agua se ven obligadas, por la legislación y por conveniencias económicas, a transferir los problemas de contaminación de un medio ambiente a otro, a pesar de los efectos que esta transferencia pueda comportar.

Un enfoque holista del proyecto requiere una adecuada comprensión de las interacciones espaciales de los ecosistemas. En algunos casos, el medio ambiente del proyecto de edificación ha sido concebido por el proyectista, erróneamente, como una serie de zonas ambientales independientes, como *tierra, aire, agua, etc.* (véase fig. 1-3). Este modelo sobre el medio ambiente es simplista y suele conducir a unos efectos imprevistos e indeseables (Spofford, 1973). Aunque en ciertas ocasiones pueda ser conveniente considerar el medio ambiente horizontalmente, es decir, en forma de "capas" (p. ej., litosfera, hidrosfera, biosfera y atmósfera), hay que ser consciente de que esas capas no son mutuamente excluyentes, sino que están espacialmente mezcladas por los diversos procesos e interdependencias ecológicos. Si se quiere prevenir el efecto de cualquier acción sobre un ecosistema, es necesario tener una comprensión sinóptica de la interacción entre sus componentes (*v. gr.*, Van Dyne, 1969) (véase fig. 1-4).

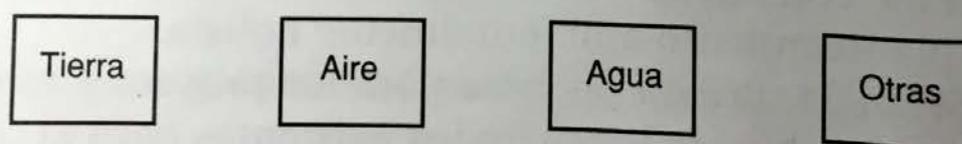


Figura 1-3 Zonas ambientales. Algunos ambientalistas conciben el entorno, erróneamente, como si estuviera compuesto de zonas independientes que no actúan recíprocamente.

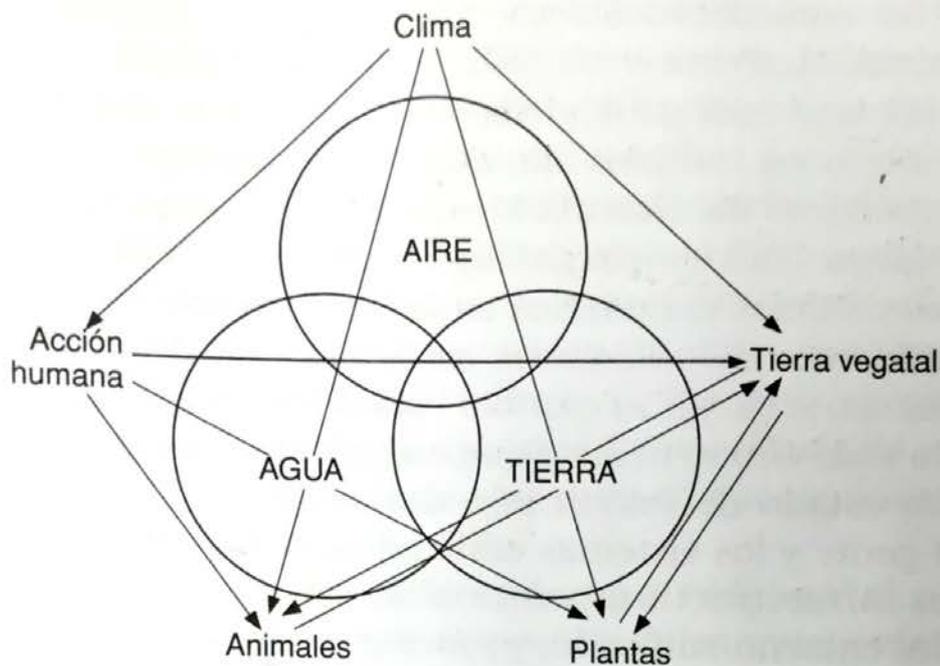


Figura 1-4 Las tres capas -aire, agua y tierra- y la interacción de los factores bióticos.

Por lo tanto, en la planificación de un entorno para construir, el proyectista debe percatarse de que cualquier estructura que se ubique en él va a afectar, inevitablemente, en virtud de su presencia y de su funcionamiento, no sólo al ecosistema del terreno, sino también a los de las inmediaciones (p. ej., la contaminación atmosférica vertida al aire por los sistemas mecánicos del edificio puede transmitirse a los alrededores por el proceso atmosférico de la biosfera). Así pues, las posibles influencias de la edificación sobre los ecosistemas circundantes y sobre otros de la biosfera deben formar parte del conjunto de consideraciones del proyecto.

El estado dinámico del ecosistema y sus interacciones cambiantes con el medio edificado a lo largo del tiempo

Una vez descritos el concepto y los componentes del ecosistema, hay que pasar a considerar la interacción de estos a lo largo del tiempo. Los ecologistas sostienen que el medio ambiente es un estado dinámico y que, por consiguiente, está en un estado de continuo movimiento. La biosfera y los ecosistemas que contiene no

pueden ser considerados como algo estático o intemporal, en estado primitivo (LaPorte *et al.*, 1972), ya que los procesos ambientales (como las acciones geológicas normales de la erosión y la sedimentación, o los cambios climáticos, de hábitats, etc.) han mantenido al conjunto del sistema biosférico en un estado de movimiento a lo largo del tiempo geológico (Flawn, 1970). Por lo tanto, todos los sistemas contenidos en la biosfera son dinámicos y, consecuentemente, sus relaciones están cambiando y modificándose continuamente (p. ej., el cambio estacional dentro de los ecosistemas). De todo ello se deduce que en todos los ambientes edificados existe un estado de interacción dinámico y en continuo cambio entre la gente y los sistemas edificados; entre los sistemas edificados y sus infraestructuras; entre estas infraestructuras y los ecosistemas del entorno edificado; y entre estos ecosistemas y otros ecosistemas de la biosfera.

Desde el punto de vista proyectual, no cabe considerar el medio edificado como un sistema estático e inmutable, en el que se producen unas acciones insignificantes o invariables con los sistemas ecológicos. Cada vez que un sistema edificado entra en acción, va a ser sujeto de interacciones con el medio ambiente a todo lo largo de su vida física. En un planteamiento ecológico del proyecto, el proyectista necesita predecir y verificar toda la gama de interacciones y consecuencias del proyecto, no sólo antes de su construcción, sino durante su funcionamiento o uso. El marco actual de las responsabilidades del proyectista debe ser ampliado para incluir las responsabilidades derivadas de su actuación en asuntos tales como la eliminación de los componentes del sistema edificado al final de su vida útil. En muchos casos, las consecuencias ecológicas de un sistema edificado durante su período operativo y de uso exceden, en mucho a las consecuencias derivadas de su realización inicial (p. ej., a través de su elevado consumo de energía y de sus emisiones de desperdicios y otras descargas). Por lo tanto, el proyecto ecológico debe incluir un planteamiento holista y global de la gestión de los recursos energéticos y materiales de los elementos edificados. A este fin, es conveniente considerar conceptualmente cada sistema edificado como un sistema proyectado que tiene su propio modelo de ciclo de vida (véase cap. 5).

Tradicionalmente, el arquitecto ha sido responsable del ensamblaje de los materiales en obra, de la construcción de la edificación

y, en ocasiones, del mantenimiento y renovación del edificio una vez terminado. Sin embargo, un planteamiento verdaderamente ecológico requiere que el proyectista no se limite a asumir sus responsabilidades tradicionales, sino también las derivadas de las interacciones entre el sistema proyectado y su medio ambiente a lo largo del ciclo vital físico de la construcción.⁵ Esto comporta un atento examen de los flujos de materia y energía durante el ciclo de vida del medio edificado y de las posibles rutas que podrían adoptar desde su fuente de producción hasta su lugar de eliminación, junto a la puesta en práctica por parte del proyectista de un sistema de verificación de los cambios que tienen lugar en los ecosistemas durante ese período.

De esta forma se podría incluso llegar a redefinir el proyecto arquitectónico como una forma de gestión de energía y materiales, en la que sería misión del proyectista dar una forma temporal (es decir, durante el período de uso) al manejo y reunión de la energía y los recursos naturales de la Tierra para, en el momento de la demolición al final de su período de uso, proceder a reciclar los materiales dentro del entorno edificado o asimilarlos al entorno natural.

Heterogeneidad espacial de los ecosistemas

Los ecosistemas tienen una heterogeneidad espacial que incluye diferencias en las propiedades biológicas y físicas en el espacio y en el tiempo. Esto significa que el alcance del impacto y el riesgo de degradación permanente de la ecología de cualquier emplazamiento, derivados o activados por la acción humana, varían en función de la ubicación geográfica del terreno y del tipo de acción y actividad humanas impuestos sobre él.

La heterogeneidad espacial representa un mosaico de fragmentos que pueden estar o temporalmente desfasados entre sí o ser cuantitativamente diferentes en lo relativo a composición biológica. Por ejemplo, la diversidad de flora y fauna en los ecosistemas no está distribuida arbitrariamente sobre la superficie de la Tierra,

⁵. Aunque esto sea difícil de llevar a la práctica en su integridad, el principio de responsabilidad total es un objetivo irrenunciable.

sino que cada especie tiene una esfera geográfica (Ehrenfield, 1970, p. 40) en que los determinantes primarios para la distribución de especies vienen generados por la geología (lecho de roca y terreno de acarreo) y por el clima. Esos factores explican otras variables, como el tipo y la distribución de los suelos, la topografía, el régimen de aguas, las oscilaciones anuales de la temperatura y el régimen de lluvias, y la distribución de otras especies. A esas variables debe añadirse el alcance de la acción y la actividad humana infligidas a ese emplazamiento. Del mismo modo que no hay dos especies biológicas exactamente iguales, tampoco existen dos emplazamientos totalmente similares en cuanto a propiedades de sus ecosistemas.

Hasta ahora, los proyectistas habían enfocado los ecosistemas como emplazamientos meramente físicos que servían como marco a sus actos de transformación; se consideraba a los ecosistemas como elementos que había que modificar y configurar para adecuarlos al proyecto. Por el contrario, en el enfoque ecológico, los proyectistas no deben considerar los emplazamientos de los proyectos como uniformes, aunque superficialmente puedan parecerse unos a otros. Cada emplazamiento debe ser evaluado individualmente, con arreglo a los valores naturales propios de su ecosistema, sus procesos, sus limitaciones y a su abanico inherente de oportunidades naturales, cada uno de los cuales difiere en cada emplazamiento (McHarg, 1968).

Desplazamiento espacial de los ecosistemas por la acción del medio edificado

La implantación de cualquier estructura artificial (y especialmente la de un edificio) en un ecosistema crea conflictos dentro del ecosistema. Por ejemplo, su presencia puede aumentar la erosión del suelo, alterar la afluencia de las aguas superficiales, modificar la velocidad y la dirección del flujo del aire y cambiar la forma en que es absorbido y reflejado el calor solar. Con ello no pretendemos afirmar que todas las acciones humanas tengan consecuencias destructivas sobre los ecosistemas, sino que la urbanización tiene unos efectos sobre un segmento específico del espacio y el tiempo. Por su presencia física, y con independencia de lo mal o

bien que esté proyectada, la urbanización introduce, desplaza espacialmente y altera el ecosistema en el que se ha implantado.

Pero además de este desplazamiento espacial del ecosistema, la mayoría de las estructuras y edificios construidos por el hombre tiene como resultado la introducción de energía y materia dentro del ecosistema del lugar de emplazamiento. Ello se debe a que toda actividad constructora implica una redistribución y una concentración de algunas porciones de energía y recursos materiales de la Tierra desde lugares generalmente distantes del terreno de emplazamiento, con el resultado final de alterar la composición de aquella parte de la biosfera terrestre y de añadirse a la composición del ecosistema en que se pretende edificar.

Cabe concebir el ecosistema previo a esas intrusiones humanas como una red de energía en un estado de relativa estabilidad (Odum, H. T., 1972). Posteriormente, como resultado de la actividad constructiva, que comporta un aporte excesivo de recursos energéticos y materiales procedentes de diferentes fuentes, se altera el equilibrio entre la producción y el consumo de productos materiales y energéticos del ecosistema y, consecuentemente, su red ambiental se complica y su estructura biológica se modifica (véanse figs. 1-5 y 1-6).

Por ejemplo, la construcción de un edificio en el campo comporta la destrucción directa y deliberada del sustrato físico y biótico del terreno. Por lo general, lo primero que se hace antes de construir es eliminar completamente el mantillo vegetal, los arbustos, tocones y árboles de la zona donde se va a ubicar el edificio y sus alrededores. Seguidamente se acomete la excavación de los cimientos. Durante este proceso, es fácil que la lluvia aumente la erosión del terreno, desprovisto de su manto vegetal, y la sedimentación sobre los elementos acuíferos (estanques, arroyos, etc.) de las inmediaciones. La zona que rodea al edificio se suele despojar de su capa de Tierra vegetal y de sus correspondientes flora y fauna, sustituyéndolas por algún tipo de superficie impermeable (hormigón, pavimentación o asfalto). Estas superficies disminuyen o impiden la filtración del agua y aumentan la escorrentía superficial, lo cual puede contribuir a degradar los ecosistemas de otros lugares cercanos. Como resultado, a menudo se ven afectados la estructura y el funcionamiento global de los ecosistemas de los alrededores (Yeang, 1972).

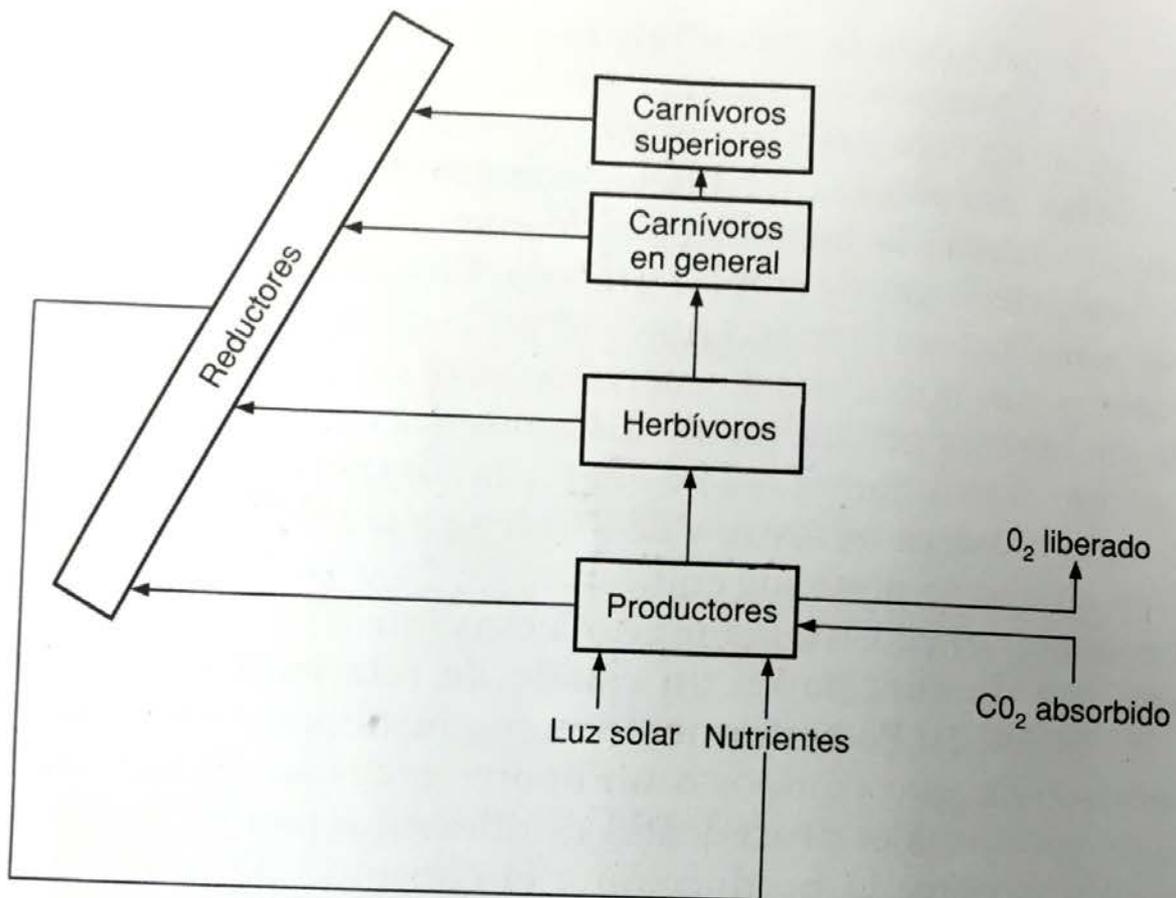


Figura 1-5 Ciclo de materiales en el interior de un ecosistema (adaptado de Boughey, 1971).

La lección que se desprende de esto es que conviene trabajar con la naturaleza y no contra ella. Así, el propio ecosistema puede ofrecer ciertas oportunidades naturales que conviene aprovechar. La capa de vegetación puede coadyuvar a reducir las temperaturas extremas, filtrar el polvo, proteger del viento y mantener el deseado grado de humedad ambiental de la zona. Por el contrario, en algunas áreas intensamente urbanizadas, de los ecosistemas originales sólo se mantiene el componente climático, y aun éste queda modificado por las diferentes capacidades caloríficas de los distintos materiales de construcción (p. ej., hormigón y ladrillo), el calor de expulsión desprendido por los sistemas de calefacción y refrigeración, el apreciable incremento de la escorrentía superficial de las aguas de las cubiertas y áreas pavimentadas, y los gases y humos procedentes de las viviendas, las industrias y los automóviles. Asimismo, la descarga de contaminantes a la atmósfera o la hidrosfera puede afectar a otros ciclos dependientes que mantie-

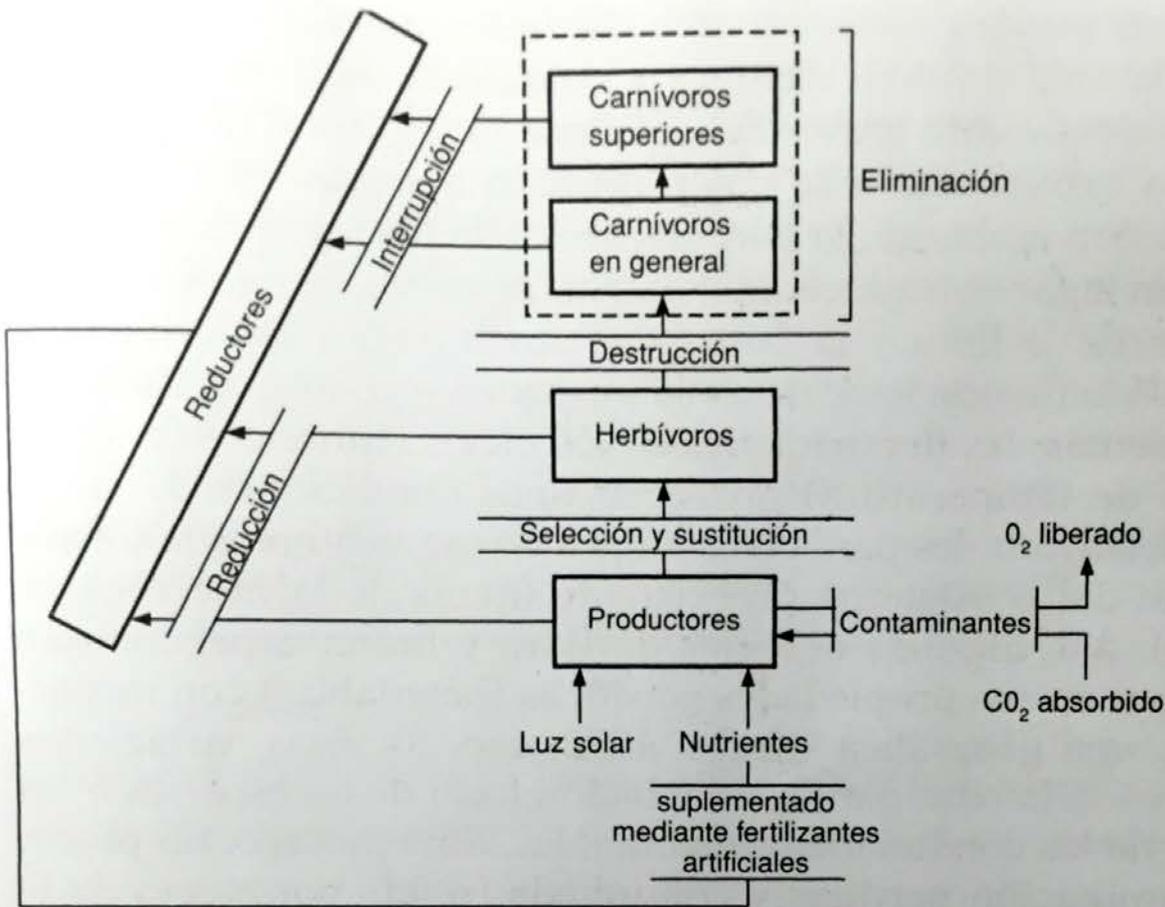


Figura 1-6 Gama de posibles modificaciones en el ecosistema como consecuencia de la intervención humana (adaptado de Boughey, 1971).

nen la proporción global de oxígeno y anhídrido carbónico en el ecosistema. Además de interferir en el funcionamiento del ecosistema, esos cambios crean otros conflictos secundarios debido a su yuxtaposición espacial con otras actividades humanas. Cuando se introducen en el medio ambiente elementos físicos y bióticos adicionales, la composición del ecosistema queda inevitablemente alterada.

Hablando en términos generales, los factores comunes en el deterioro de la vida orgánica producido por la intrusión de la actividad edificatoria (tanto en los ecosistemas terrestres como acuáticos) son un declive de la biomasa (la masa de materia viva), un declive de la productividad (la cantidad de materia producida por una especie dada en un área determinada), y un mal funcionamiento de los controles naturales (Woodwell, 1971).

Por fortuna, como la capacidad reproductora de la mayoría de plantas y animales es relativamente alta, en la mayor parte de los

ecosistemas puede producirse una cierta recuperación de la vegetación y la vida animal, siempre y cuando el daño realizado no haya sido demasiado grave o el desplazamiento total del ecosistema por la urbanización se haya limitado a zonas relativamente pequeñas. Sin embargo, la eliminación de la flora y la fauna naturales de un lugar se traduce, casi inevitablemente, en cambios en la población de la flora y la fauna que sustituyen a las originales, debido a la extinción local de ciertas especies o genotipos (Billings, 1964). Además, las fluctuaciones en los ciclos climáticos (p. ej., el aumento de temperatura) provocan unas condiciones de crecimiento desfavorables para ciertos tipos de organismos que formaban parte del ecosistema preexistente (antes de la intervención humana). Así, algunas especies de flora y fauna experimentan variaciones en sus propiedades genéticas (heredables) con respecto a su gama geográfica (Krebs, 1972, cap. 8). Esas variaciones genéticas son la base para la adaptación local de las especies a los cambios de las condiciones ambientales. Sin embargo, un proceso de eliminación pertinaz y continuada (p. ej., por efecto de la expansión urbana) de las comunidades "naturales" o "seminaturales" de un espacio físico determinado, como, por ejemplo, de un continente, podría llegar a eliminar esos recursos y hacer difícil la reforestación efectiva con conjuntos de especies nativas. El simple acto de limpiar el terreno para construir contribuye particularmente a la pérdida de tales recursos (Istock, 1973). En este sentido, puede afirmarse que el territorio que ha sido urbanizado es el que tiene menos potencial para la reforestación, aun cuando se haya podido producir algún grado de recolonización por parte de otras especies más resistentes o mediante la ayuda del hombre (Dunn y Hington, 1970). No obstante, por lo general, el ecosistema sufrirá algún deterioro o pérdida (Hutchinson, 1974).

Esta descripción general de los efectos de la actividad y de la acción constructiva humana sobre los ecosistemas es representativa del tipo de deterioro que puede producirse en el ecosistema del lugar de emplazamiento del proyecto. Cualquier ambiente urbanizado, con independencia de lo bien que esté proyectado, provoca un impacto (mayor o menor) sobre su lugar de emplazamiento, en virtud tanto de su adición al ecosistema como del desplazamiento espacial provocado en éste. En todo planteamiento ecológico es esencial asegurar, mediante el estudio y la distribución del

sistema edificado con relación a los componentes bióticos y abióticos del ecosistema local, que los efectos negativos producidos por el desplazamiento espacial del ecosistema se reduzcan al mínimo. Pero, además de esta consideración, el proyectista debe ser consciente de que la estructura y los sistemas mecánicos del propio sistema edificado constituyen una adición sustancial de materias, energía y otros elementos bióticos, además de la población humana, a ese ecosistema. En un planteamiento verdaderamente ecológico, el proyectista deberá asegurarse de que esas adiciones no interactúen negativamente con el ecosistema. Como resultado de los análisis ecológicos efectuados, puede darse el caso de que el proyectista saque la conclusión de que sería preferible escoger un emplazamiento alternativo al propuesto.

Complejidad de los impactos: efectos múltiples de las modificaciones introducidas en los ecosistemas

Una dificultad básica en la construcción (y refutación) de las hipótesis ecológicas es que los efectos de las modificaciones humanas de los ecosistemas no se producen en serie sino en íntima interdependencia. Esto también es aplicable a los intentos de buscar soluciones a problemas ambientales sencillos (p. ej., las crisis producidas por la contaminación accidental de un ecosistema por efluentes industriales o derrames de petróleo). En el control de la contaminación, a menudo, si no siempre, las medidas correctoras que se toman para controlar un factor crítico conducen a la pérdida de control sobre otros. Una de las características de los ecosistemas es que no operan como sistemas lineales y, por lo tanto, no pueden ser caracterizados por una simple relación directa de causa y efecto (Margalef, 1963). En el planteamiento ecológico, el proyectista ha de ser consciente de que las interacciones en el seno de un ecosistema y entre ecosistemas son funciones complejas, y que los ecosistemas son sistemas frágiles.

La auténtica relación de interacción podría ser descrita, más correctamente, como una red de "causa-condición-efecto" (Sorenson, 1972; Sorenson y Moss, 1973). Esto significa que una simple acción concreta puede causar uno o más cambios en las condiciones del ecosistema, los cuales, a su vez, pueden producir

más cambios de estado, antes de dar como resultado otros efectos que actúan de modo holista (véase fig. 1-7). Cualquier cambio introducido en el ecosistema produce, pues, una multiplicación de efectos no siempre fácil de controlar. Por ejemplo, en la construcción de una urbanización, las obras de excavación, terraplenado y formación de calles en un terreno pueden provocar la erosión y arrastre de tierras hacia los cursos de agua vecinos. Esto redundará con posterioridad en un aumento de la turbiedad de los arroyos, lo que conducirá a una pérdida de profundidad de los cursos de agua o a una alteración de la cuenca de los mismos. Esto, a su vez, aumentará el potencial de inundación de los arroyos y cegará el paso a la biota acuática (por la obstrucción con cienos). Por consiguiente, vemos que todos los componentes del ecosistema son física y funcionalmente interdependientes. En ciertos casos, los efectos secundarios y de otros órdenes pueden llegar a ser incluso más dañinos que los primarios. En otros, la suma de los efectos puede actuar sinérgicamente para producir otros efectos cuantitativamente diferentes de los que cabría esperar si actuaran por separado (Ray, 1970).

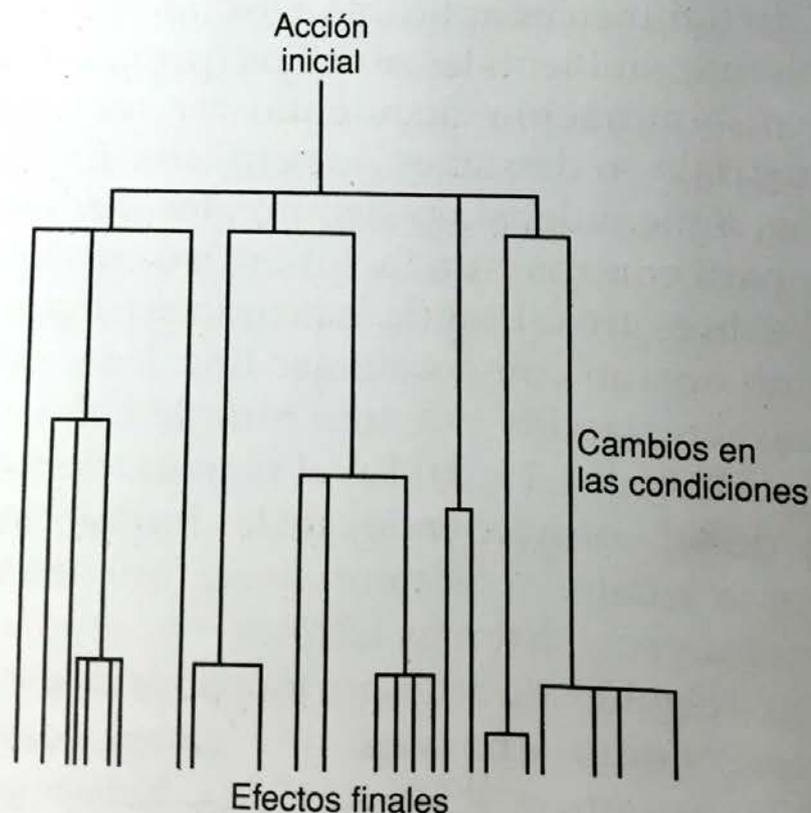


Figura 1-7 Extensión y multiplicación de los cambios que se pueden producir en las condiciones existentes como consecuencia de una sola acción

En el planteamiento ecológico no existe ninguna “varita mágica tecnológica” ni un enfoque de proyecto universal que puedan resolver todos los problemas ambientales o eliminar todos los efectos negativos. En ecología casi nunca es posible realizar una sola acción individual sobre un ecosistema, ya que los efectos de una actividad proyectada para conseguir un solo objetivo son, en realidad, múltiples.

Pero, aunque no siempre sea posible predecir todos los múltiples efectos que se pueden producir, la responsabilidad del proyectista consiste en ser consciente de, y anticipar en la medida de lo posible, las consecuencias ya desde la fase de proyecto. El planteamiento ecológico del proyecto no ha de ser en ningún caso un planteamiento simplista de una sola meta. El grado de previsión del impacto de un proyecto sobre el ecosistema dependerá de la complejidad concreta del proyecto y del valor y riqueza ecológica del ecosistema en cuestión.

Para minorizar los impactos indeseables, el proyectista debe aprehender e inventariar los complejos procesos de los componentes del ecosistema antes de la ejecución del proyecto para, seguidamente, intentar predecir en la fase de proyecto (hasta donde sea posible) los efectos que tendrán sobre el ecosistema cada una de las actividades individuales relacionadas con la construcción del sistema proyectado. Por consiguiente, hay que volver a insistir en la necesidad de un planteamiento previsor del proyecto. Idealmente, este enfoque debería extenderse a la predicción de los efectos de la gama de actividades durante la fase de construcción, durante el período de vida de la construcción y una vez concluida su vida útil (es decir, a lo largo de todo el ciclo de vida del sistema edificado).

Capacidades de autorregulación y asimilación de los ecosistemas

A lo largo de la historia, y como resultado del uso del suelo y de la urbanización continuada y extensiva, el medio ambiente artificial ha cambiado su condición de sistema “contenido”, pasando a la de “contenedor” (véase fig. 1-8) (según Chermayeff y Tzonis, 1971). En efecto, los ecosistemas de la biosfera están cada vez más saturados

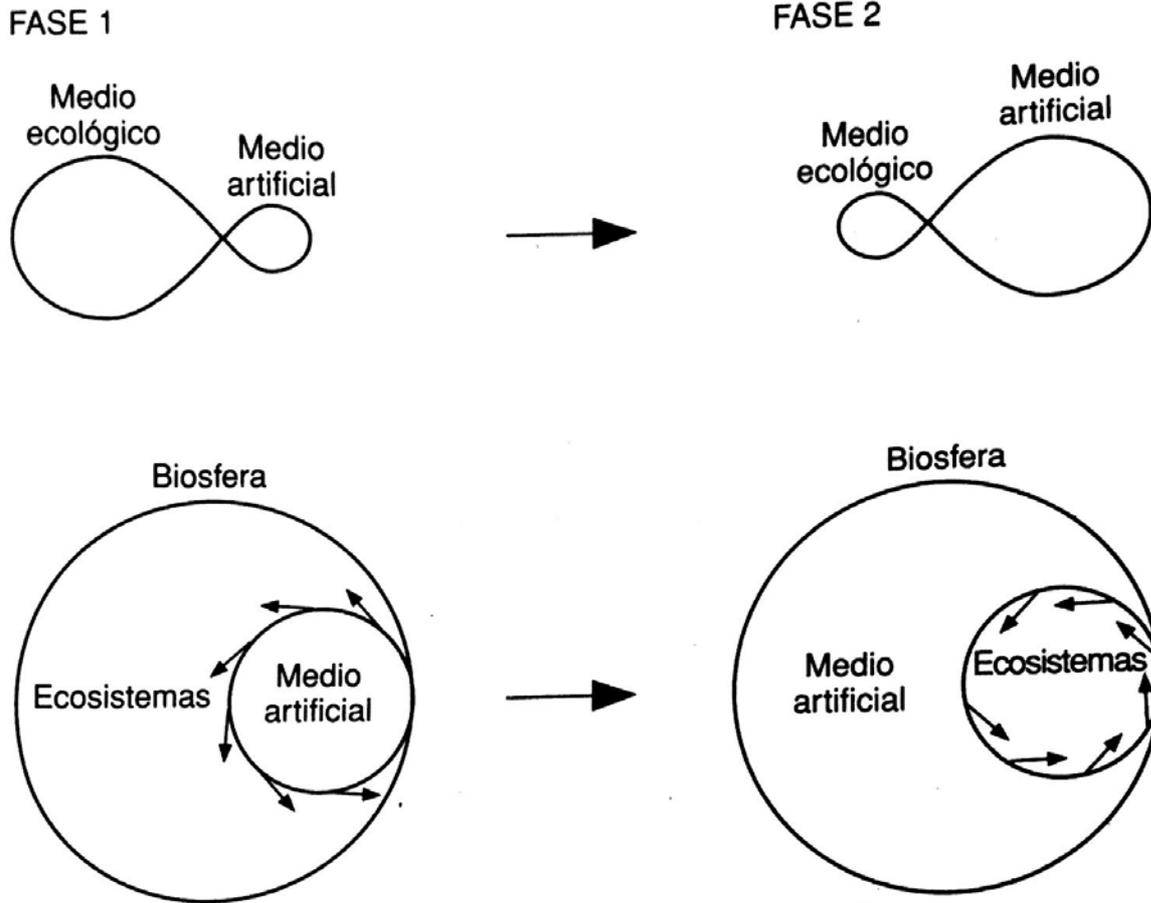


Figura 1-8 Saturación de la biosfera. El medio artificial actual ha pasado de ser un sistema contenido a ser un sistema contenedor, en el que la biosfera se va saturando progresivamente saturada de elementos artificiales (según Chermayeff y Tzonis, 1971).

de sistemas artificiales. Este proceso de saturación tiene el efecto general de reducir, regional y globalmente, la capacidad de autorregulación y de asimilación de los ecosistemas. Hablando en términos generales, los impactos humanos sobre el ecosistema suelen tener como resultado un cierto grado de simplificación del mismo; es decir, se pasa de un estado diversificado a otro de menor complejidad. Esto repercute en una reducción de la flexibilidad de la relación entre el medio edificado y el ecosistema, a la vez que aumentan las restricciones sobre el ecosistema en el medio artificial. El efecto global es que la población y sus sistemas edificados, lejos de ganar independencia respecto al funcionamiento de los ecosistemas de la biosfera, se convierten en más dependientes de ellos.

Como todo sistema proyectado, de manera inevitable, se relaciona recíprocamente con el entorno, cada uno de ellos, en mayor o menor medida, jugará un papel en los sistemas ecológicos de la Tierra. Con el transcurso del tiempo, sin embargo, si las restricciones del ecosistema continúan aumentando, este papel del sistema proyectado será cada día más crítico. Muchos proyectistas no se han percatado de la importancia de este hecho. Por el contrario, hay proyectistas que sostienen que la capacidad del ecosistema para absorber impactos tiene la resistencia suficiente como para que, aunque se siga alterándolos, los ecosistemas naturales pueden ser sustituidos por otros creados artificialmente. Pero estos proyectistas van aún más lejos, hasta el punto de afirmar que la tecnología puede "ir por delante" de la naturaleza, hasta que algún día llegaremos, por medios tecnológicos, a ser totalmente independientes del orden natural (p. ej. Landers, 1969). Este planteamiento mecanicista se refleja, por ejemplo, en algunos de los proyectos de sistemas llamados comúnmente de "ambiente controlado", donde todos los mecanismos existentes de autorregulación del ecosistema se sustituyen por mecanismos artificiales regulados externamente (los sistemas mecánicos de calefacción, refrigeración, ventilación, iluminación, eliminación de desperdicios, etc.). Sin embargo, semejante control sistematizado tiene la desventaja de convertir la interacción entre los sistemas artificiales y naturales en algo total y exclusivamente dependiente de los esfuerzos humanos (Goldsmith, 1970). Cuando los sistemas artificiales reemplazan a los naturales, acostumbran a ser una grosera simplificación de los complejos sistemas naturales y, consecuentemente, son particularmente vulnerables a averías o fallos.

Pero, de seguir reduciendo la capacidad asimiladora del ecosistema, corremos el peligro de alcanzar un límite a partir del cual los controles artificiales externos ya no puedan seguir reemplazando a los controles naturales, ecológicamente autorreguladores. Este es por tanto un límite a la capacidad de los entornos artificiales para reemplazar y simplificar a los ecosistemas. Con el medio edificado actual, hemos creado una situación en la que sólo caben tres soluciones; retornar a los controles ecológicos naturales, desarrollar unos nuevos o proyectar alguna combinación nueva. Actualmente, parece poco realista afirmar que podemos construir unos sistemas de control artificial

ingeniería, ignorando completamente los sistemas ecológicos naturales. Por el contrario, dentro de las opciones de proyecto parece más razonable tratar de integrar los sistemas proyectados por el hombre con los ecosistemas, de tal manera que se haga uso de los controles naturales existentes y/o de una combinación de las estructuras de control artificiales y de las del ecosistema.

En el planteamiento ecológico, el proyectista parte de la base de que aunque un ecosistema sea capaz de asimilar un cierto grado de agresión a sus procesos, su capacidad de asimilación tiene un límite definido. Para evitar que un ecosistema sufra una agresión permanente, el proyectista debe asegurarse de que todas las acciones y actividades que en él se desarrollen permanezcan sujetas a las limitaciones inherentes al ecosistema y sus componentes. En la mayoría de los casos, esas limitaciones sólo se manifiestan después de un concienzudo estudio del ecosistema del lugar de emplazamiento y de sus propiedades.

Aceleración de la entropía de la Tierra por la intervención humana

Definida brevemente, la entropía representa la medida de la degradación del Universo durante cada proceso natural. Este atributo puede ser concebido como el grado de disipación de la energía o fuerza que permite que el sistema funcione, tanto si se trata de una disipación interna en el sistema como si se trata de una exportación al medio ambiente (Walmsley, 1972). También puede considerarse la entropía como el grado de disfunción o desorden de un sistema. La entropía de un sistema aislado no puede nunca disminuir, y en todo proceso natural se produce un aumento de entropía (Berry, 1972).

Como consecuencia de nuestras demandas –actuales y pasadas– a los recursos y ecosistemas de la Tierra, los seres humanos hemos alterado muchos de los procesos naturales de la biosfera y acelerado el aumento de la entropía en su seno. Por ejemplo, el ciclo del carbono ocupa una posición central en el uso de energía en el medio edificado actual (por el uso de combustibles fósiles). El consumo humano de energía ha puesto en cortocircuito uno de los ciclos biogeoquímicos de la biosfera, simplemente acelerando una

de las fases de este ciclo a un ritmo mayor que la capacidad de la biosfera para regenerar esta energía por medios naturales, (véase fig. 1-9).

Análogamente, se ha descubierto que otros elementos, como hierro, nitrógeno, cobre, cinc, plomo, fósforo, mercurio y estaño, han sido movilizados por el ser humano en la biosfera en mayores cantidades que por la naturaleza (Bowen, 1972; Holdren y Ehrlich, 1974), a través del uso abusivo de estos recursos naturales en el medio edificado (véase fig. 1-10).

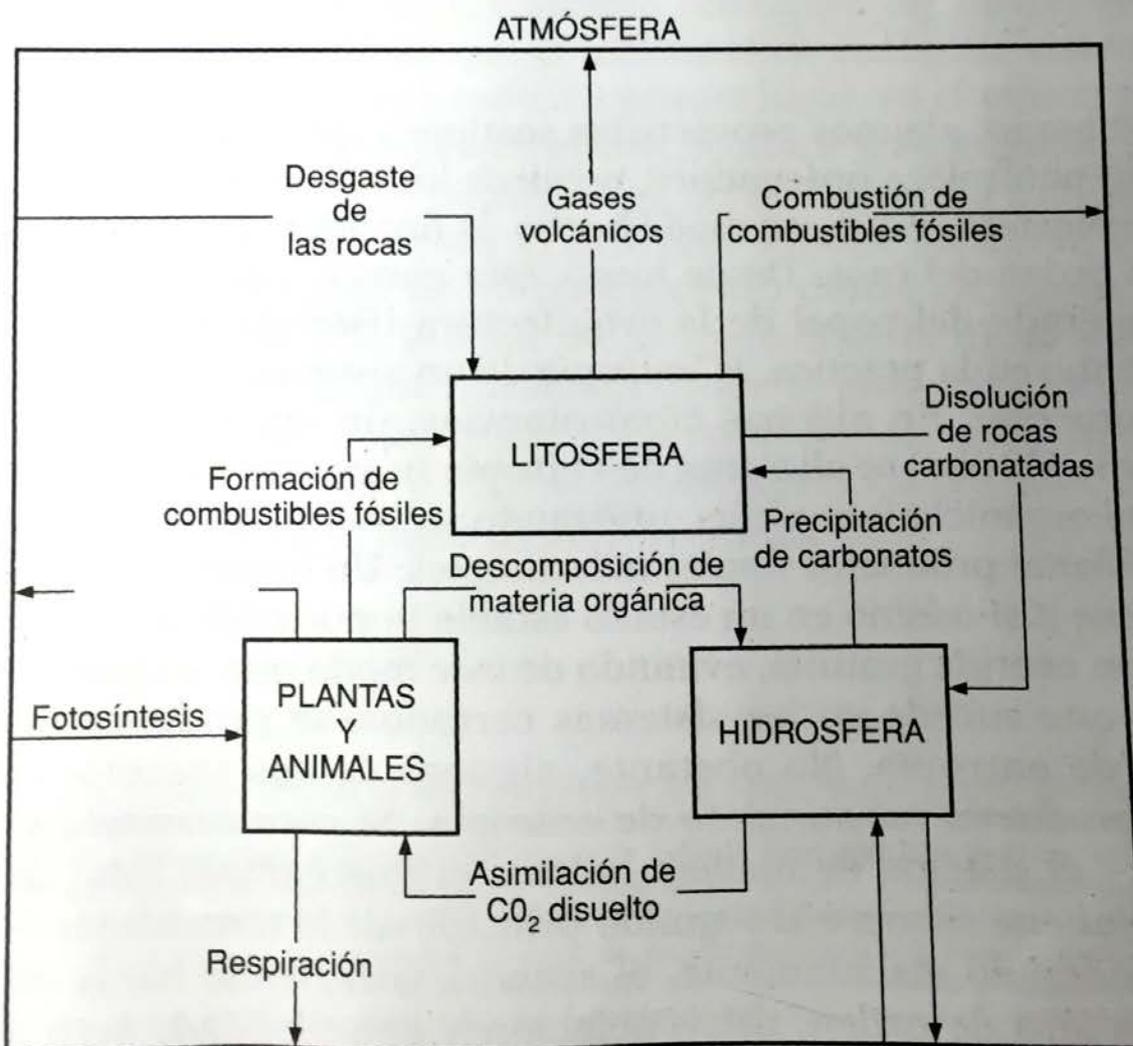


Figura 1-9 El ciclo del carbono en la biosfera. La utilización por parte de la humanidad de combustibles fósiles ha acelerado una fase de este ciclo a un ritmo superior al que la biosfera es capaz de regenerar por medios naturales.

| Elemento | Índice geológico (flujo fluvial) | Índice humano (minería y consumo) |
|-----------|-------------------------------------|--------------------------------------|
| | | 319,000 |
| Hierro | 25,000 | 30,000 |
| Nitrógeno | 3,500 | 4,460 |
| Cobre | 375 | 3,930 |
| Cinc | 370 | 358 |
| Níquel | 300 | 2,330 |
| Plomo | 180 | 6,500 |
| Fósforo | 180 | 7 |
| Mercurio | 3 | 166 |
| Estaño | 1.5 | |

Figura 1-10 Movilización de materiales por la especie humana (10 T/anales): Comparación de los índices geológicos con los del consumo humano (de Holdren y Ehrlich, 1974).

Sin embargo, algunos proyectistas sostienen que la arquitectura, por su naturaleza ordenadora, previene los efectos de la entropía en la biosfera, y que esa es, de hecho, la finalidad del proyecto: crear un orden del caos. Desde luego, ésta parece una simplificación exagerada del papel de la arquitectura (Bertalanffy, 1968). Ciertamente, en la práctica, la entropía de un sistema abierto sólo puede aumentar. En algunas circunstancias, un organismo vivo (un sistema abierto) se alimenta de entropía negativa, importando moléculas orgánicas complejas, utilizando su energía y devolviendo al ambiente productos finales más simples. Un organismo vivo se mantiene a sí mismo en un estado estable importando materiales ricos en energía gratuita, evitando de este modo que, a diferencia de lo que sucede en los sistemas cerrados, se produzca un aumento de entropía. No obstante, algunas de sus reacciones internas producen un aumento de entropía. Si consideramos el ambiente y el sistema de manera holista, el intercambio total de energía se atiene siempre al segundo principio de la termodinámica ⁶. Considerado aisladamente, el sistema vivo tiende hacia un grado más alto de orden, diferenciación y complejidad, pero a expensas de la energía ganada mediante la oxidación y demás procesos energéticos. Otros procesos, como el crecimiento, la descomposición y la muerte, representan tendencias

cambios lentos dentro de un estado estable, y cada uno de ellos comporta un cierto consumo de energía. Por consiguiente, se cumple el segundo principio de la termodinámica cuando se considera la entropía con relación al conjunto del sistema y el ambiente. Este hecho no hace sino subrayar el enfoque holista del ecosistema, tanto para el sistema proyectado como para su entorno.

Bases para el proyecto ecológico

Algunas de las premisas cruciales para nuestro planteamiento ecológico son las siguientes:

1. *El concepto ecológico del medio ambiente.* Al examinar el terreno de emplazamiento, el proyectista debe contemplar también el entorno e incorporar el concepto ecologista del medio ambiente. El ecologista sostiene que el ambiente de cualquier sistema edificado ha de ser considerado, en primer lugar, en el marco global de la unidad de ecosistema en el cual se ubica y, en segundo lugar, en el contexto de otros ecosistemas de la Tierra. La aplicación del concepto de ecosistema al proyecto supone concebir, desde un principio, el lugar de emplazamiento desde un punto de vista holista, como una unidad de componentes bióticos y abióticos (vivos y no vivos) que funcionan como un todo en la formación de un ecosistema, e identificar y comprender completamente todas sus características e interacciones, antes de efectuar cualquier intervención en el lugar de emplazamiento.

⁶. La formulación original de este principio por lord Kelvin establecía que: "Es imposible realizar una transformación cuyo único resultado sea la conversión en trabajo del calor extraído de una sola fuente a temperatura uniforme" (postulado de Kelvin). Este principio se puede expresar de otras formas totalmente equivalentes, como "El calor no puede pasar espontáneamente de un cuerpo a otro más caliente", o "es imposible realizar una transformación termodinámica cuyo único resultado sea el paso de una cantidad de calor de un cuerpo frío a otro más caliente" (postulado de Clausius). Para nuestros efectos, la consecuencia más interesante de los postulados de Clausius y de Kelvin es que son irreversibles todos los fenómenos cuyo único resultado es la transformación de un trabajo en su equivalente en calor, y entre ellos los de disipación, rozamiento, histéresis, el efecto Joule, etc. Como no existe ningún proceso físico en el que no se produzca, en mayor o menor grado, alguno de los fenómenos irreversibles citados, hay que concluir que ningún proceso real es reversible. [N. del T.]

Hasta ahora el proyectista se limitaba a examinar principalmente los rasgos físicos del emplazamiento en el que se pretendía ubicar el sistema edificado, por lo general con vistas a obtener una base para tomar decisiones tales como la mejor ubicación para el sistema en proyecto, la planta de conjunto, el acceso de vehículos y la altura y forma de la edificación. Sin embargo, el proyecto ecologista exige, además de esos criterios, una comprensión profunda del ecosistema del lugar que le permita determinar el tipo y alcance de la intervención humana que serían compatibles con el ecosistema natural. La tarea de proyecto se convierte, pues, en una integración de los rasgos, procesos y funcionamiento del sistema proyectado con los propios procesos y funcionamiento del ecosistema, a fin de minorizar los impactos indeseables y conseguir una relación estable con el ecosistema.

Así pues, al considerar las respuestas del proyecto teniendo en cuenta las relaciones entre el sistema proyectado y su medio ambiente existen tres posibles estrategias. El proyectista puede tratar de controlar los procesos del ecosistema (p. ej., construyendo un dique transversal a un río para controlar las inundaciones), someterse a ellos (p. ej., aceptando las condiciones de las inundaciones y situarse fuera del área de inundación), o cooperar con ellos (p. ej., ajustando la ocupación del área de inundación a la intensidad y la frecuencia previsibles y protegiendo las estructuras que sigan siendo susceptibles al peligro de inundación). En este último caso, es imprescindible examinar cuidadosamente, desde las primeras fases del proyecto, las restricciones, limitaciones y oportunidades inherentes al ecosistema, a partir de ahí, la filosofía del proyecto deberá basarse en la comprensión del ecosistema y en la búsqueda de combinaciones e interacciones compatibles entre el sistema proyectado y el ecosistema natural.

2. *Conservación de energía, materiales y ecosistema mediante el proyecto.* Como la Tierra es un sistema de materiales cerrado, con una masa finita, todos los ecosistemas de la misma, junto con todos los materiales y recursos energéticos fósiles, con forman el límite contextual último para cualquier actividad de proyecto. Toda actividad de proyecto tiene lugar inevitablemente dentro de los confines de este límite. El planteamiento ecológico del proyecto comporta un uso más racional de los ecosistemas y recursos naturales. Hasta ahora, los proyectistas han concebido, errónea-

mente, el medio ambiente como una fuente inagotable de recursos y un inmenso vertedero de desechos y desperdicios; por el contrario, en el planteamiento ecológico, el proyectista ha de ser particularmente consciente de las limitaciones del medio ambiente.

Un enfoque racional del uso de los ecosistemas, la energía y los recursos materiales de la Tierra, equivale a un planteamiento del proyecto 'conservacionista' con respecto a tales recursos. El proyectista ha de ser consciente de las cantidades de energías no renovables empleadas en la realización, funcionamiento y evacuación de desperdicios del medio edificado, y de la eficiencia en el uso de tales recursos. Por ejemplo, en el proyecto de un edificio, el proyectista ha de plantearse y resolver adecuadamente el ajuste entre las necesidades reales de acomodación de la gente y las que se proponen en el proyecto; el ajuste de cualquier diferencia se traducirá en una mayor efectividad en el uso de la energía y los recursos materiales por parte del sistema proyectado. Su cuantificación proporciona una indicación del alcance del impacto y el uso de los recursos de la biosfera y de la Tierra.

Al mismo tiempo, en el marco global de la biosfera, los ecosistemas y sus procesos también suministran el vertedero final para todas las descargas y desperdicios del medio edificado. Como los ecosistemas tienen unas capacidades de asimilación finitas, el grado de asimilación de esas descargas y desperdicios por parte de los ecosistemas es, asimismo, limitado. El proyectista también debe tener en cuenta qué pasará con los elementos del medio edificado al final de su vida útil; es decir, no sólo deberá preocuparse de qué pasa con los desperdicios que se producen durante la vida operativa de los edificios, sino también de qué se hace con los restos de la edificación una vez cumplida su vida útil. Este aspecto puede concebirse en la forma de un modelo de uso o como un ciclo de vida que nos permita seguir la huella del flujo de recursos a través de la vida útil y la vida física de la edificación. Aunque sea casi imposible establecer una cuantificación exacta de todos esos aspectos, este proceso de evaluación ha de servir para predecir, en la medida de lo posible, los principales impactos indeseables.

3. *Enfoque contextual de un ecosistema.* En el marco de la biosfera, no sólo se producen interacciones entre los componentes de un mismo ecosistema, sino que también se producen influencias recíprocas entre los diversos ecosistemas y procesos biosféricos.

Por consiguiente, los efectos de la intervención humana en un ecosistema concreto no pueden considerarse como algo aislado y limitado a sus confines específicos, sino que pueden extenderse sinérgicamente a otros ecosistemas.

En la práctica arquitectónica actual, una parcela para la construcción viene definida por sus lindes legales (artificiales), mientras que un ecosistema viene delimitado por sus lindes naturales, por lo cual, dentro de un mismo ecosistema puede haber varias parcelas. Así pues, el proyectista no debe pensar en el emplazamiento de su proyecto como un lugar singular y aislado, definido única y artificialmente por sus lindes legales, sino que también debe tener en cuenta que las consecuencias ecológicas de cualquier acción que adopte en su proyecto pueden extenderse a otras parcelas comprendidas en el mismo ecosistema y a otros ecosistemas de la biosfera. La escala de tales impactos puede ser determinada definiendo las zonas de impacto del proyecto (es decir, impactos a nivel local, regional, continental, de biosfera).

4. *Los emplazamientos del proyecto deben ser analizados individualmente.* De la misma manera que no hay dos especies biológicas exactamente iguales, los emplazamientos son ecológicamente heterogéneos, por muy similares que puedan parecer superficialmente. El proyectista no debe caer en la simplificación de considerar los terrenos para la edificación como productos de cambio uniformes, con rasgos ecológicos uniformes. De hecho, cada ecosistema tiene su propia estructura física, su propia composición de elementos orgánicos e inorgánicos, y sus propias interacciones. Durante la fase de análisis del emplazamiento, el proyectista debe hacer una estimación de sus valores individuales, sea para su preservación o para su utilización. Un proyecto pensado específicamente para un emplazamiento determinado no puede servir, pues, para otro, por muy similares que puedan parecer a primera vista sus configuraciones espaciales (véase Cap. 4).

5. *El ciclo de vida como concepto de proyecto.* Las interacciones entre ecosistemas son procesos dinámicos y sufren alteraciones a lo largo del tiempo. Lo ideal es prevenir el impacto y el rendimiento del sistema proyectado en los ecosistemas a través de todo el ciclo de vida de la edificación. Pero, al mismo tiempo, los estados de los ecosistemas también van cambiando. En la práctica arquitectónica, habría que ampliar el campo actual de responsabi-

lidades del proyectista, incluyendo entre ellas los impactos medioambientales del sistema proyectado y su uso a lo largo de toda su vida física. Simultáneamente, sería preciso establecer alguna forma de verificación medioambiental para comprobar el impacto del sistema proyectado sobre su entorno a lo largo de toda su vida útil, y también para comprobar la variación del estado y respuestas del entorno.

En la fase preliminar de todo proyecto planteado ecológicamente, el proyectista ha de predecir, hasta donde le sea posible, las acciones y actividades principales asociadas a su proyecto, o derivadas del mismo, a lo largo del ciclo de vida previsto. Asimismo, debe valorar sus posibles impactos sobre el ecosistema, para tenerlos en cuenta en la elaboración del proyecto. La responsabilidad del proyectista ha de extenderse al interés por el empleo que se hace en su proyecto de la energía y de los materiales, antes, durante y después de la construcción (a la manera de un itinerario que comenzase en la extracción de recursos del entorno y terminase en su retorno al medio ambiente en forma de desperdicios).

6. *Toda construcción comporta un desplazamiento espacial del ecosistema y unas adiciones de energía y materiales nuevos al lugar de emplazamiento.* Con independencia de cómo esté proyectado, todo medio edificado conlleva un desplazamiento espacial del ecosistema del lugar de emplazamiento y una intromisión en el mismo, aunque sólo sea por su mera presencia física. La composición, la organización general en planta, el uso del suelo, la estructura física y los sistemas mecánicos de la edificación han de ser considerados globalmente con relación a los componentes, el modelo espacial y el funcionamiento del ecosistema.

7. *El "sistema total" o enfoque holista.* La introducción de un sistema proyectado en un ecosistema puede arrojar múltiples efectos sobre el mismo. No basta con un planteamiento de proyecto simplista o aditivo. Ha de concebirse el proyecto en el contexto global del ecosistema, operando como un todo, y no con relación sólo con algunos de sus componentes. El enfoque ecológico es un planteamiento holista.

8. *El problema de la eliminación de los productos de desecho.* Por lo general, los ecosistemas tienen la capacidad de asimilar una cierta cantidad de intervención humana. Sin embargo, existe un límite a partir del cual el ecosistema queda irreparablemente dañada-

do. Uno de los objetivos esenciales del proyecto ha de ser procurar que ninguno de los aspectos del orden existente se pierda para siempre o quede irremisiblemente dañado como resultado de las actividades humanas; o al menos, si ello ocurriese, que no sea consecuencia de no haber considerado todos los factores previsibles o no haber tomado las medidas preventivas apropiadas.

9. *Estrategia de proyecto basada en la sensibilidad y la previsión.* La síntesis de cualquier sistema proyectado implica inevitablemente algún impacto ambiental (sea por adición, alteración o disminución) sobre el ecosistema, así como también una cierta utilización y redistribución de recursos de la Tierra. No obstante, el hecho de que la humanidad altere los ecosistemas como fruto de sus actividades no tiene por qué ser intrínsecamente indeseable o negativo. El proyecto ecológico no implica que toda la biosfera haya de ser preservada íntegramente de la acción humana, como si se tratara de una reserva natural. Ni tampoco forma parte de sus objetivos evitar todo tipo de cambio, dado que todos los ecosistemas experimentan cambios con independencia de la acción humana. El objetivo del proyecto ecológico no es, por tanto, cómo mantener la biosfera o los ecosistemas fuera de la influencia humana, sino cómo relacionar las actividades humanas con los ecosistemas de la manera menos destructiva posible, del modo más ventajoso y compatible con las limitaciones inherentes al ecosistema. Es más, teóricamente, es incluso posible proyectar el entorno edificado de tal modo que produzca impactos ecológicos beneficiosos. Los temas críticos del proyecto son cómo, cuándo y dónde se ejecutan esos cambios, y de qué manera se introducen los sistemas proyectados.

Las principales hipótesis de nuestro enfoque ecológico se pueden resumir de la siguiente manera:

- Mantener un medio ambiente biológicamente viable siempre es ventajoso para el ser humano.
- El estado actual de degradación progresiva del medio ambiente por la acción humana es inaceptable.
- Es preciso minorizar, en la medida de lo posible, los impactos destructores sobre los ecosistemas.
- Los recursos naturales son limitados. Los desperdicios, una vez producidos, no se regeneran fácilmente.

- La humanidad forma parte de un sistema cerrado, y el estudio de los procesos del medio natural, por ser éstos unitarios, ha de constituir una parte esencial de los procesos de proyecto y planificación.
- Existen relaciones recíprocas entre el medio artificial y el medio natural, y cualquier cambio de una parte del sistema afecta al sistema completo.

Estas premisas son fundamentales y vitales para cualquier planteamiento proyectual ecológico, y constituyen unos factores esenciales a considerar en cualquier proyecto que se plante.