

A large, bold, black letter 'E' is positioned on the left side of the page, set against a light gray rectangular background. The letter is stylized with a thick stroke and a slight shadow effect.

El Ecosistema Antropógeno Urbano

Diana ■ Frede ■ L.
Raúl ■ Trujillo ■ A.

Hacer frente a los retos futuros de nuestro mundo, a los retos que presenta nuestro medio ambiente, requiere mucho más que hacer inventarios cuantitativos de los activos de infraestructura y calcular las necesidades de inversión conforme a modelos económicos. Exige afrontar los problemas de ineficiencia y desperdicio, como también responder con habilidad a las nuevas demandas. Para esto se debe, primero que todo, volver la mirada a la base, al concepto de ecosistema, a la lección que tras miles de años de evolución no hemos sabido interpretar y mucho menos aplicar.

Diana Frede L., Bióloga y Raúl Trujillo A., Ingeniero, Doctor, profesor del departamento de Ingeniería Civil, Universidad EAFIT.

Este artículo pretende proponer el uso de los principios de ecosistemas naturales, al sistema de la sociedad humana en el medio urbano. Se pretende describir los mecanismos que permiten el buen funcionamiento de los sistemas naturales y explorar cuales de estos principios son necesarios para el mejoramiento del sistema urbano. Para realizar esto es necesario, primero que todo, definir la terminología básica de la ecología, para así poder comprender como está conformado el modelo de los ecosistemas naturales.

El concepto de la ecología fue introducido por el científico Ernst Haeckel (1834-1919) y existe como ciencia desde el año 1900. Tan sólo desde hace 25 años es realmente reconocido en relación con el movimiento de protección del medio ambiente y las políticas a favor de la protección de la naturaleza.

¿Que significa entonces ecología? La palabra se deduce del Griego, **oikos** es la casa y **logos** la enseñanza. Es la ciencia que se ocupa del mantenimiento del hogar -de la naturaleza-, es decir es la ciencia de las relaciones de los organismos entre sí y entre los organismos y el medio que los rodea.

En el sentido jerárquico se pueden diferenciar tres áreas de la Ecología: **aut-ecología**, que es la Ecología de un individuo de una especie; **dem-ecología** o **población-ecología**, que trata el desarrollo y el cambio de poblaciones de organismos en dependencia de las condiciones del medio ambiente y **syn-ecología**, que mira el Ecosistema en general, con todas sus comunidades de organismos. En relación con los **biotopos** - región geográfica con sus factores ambientales o compartimento

abiótico- hay que diferenciar entre la Ecología marina, terrestre y Limnología. Históricamente existen las áreas ecológicas de la flora, fauna y la humana. Finalmente se encuentra también un campo especial, que es la ecología urbana.

El ecosistema es una constelación de relaciones entre poblaciones de organismos y su medio ambiente, el cual se considera «abierto», es decir esta en intercambio de materias y energía con su entorno, se encuentra en un estado de «equilibrio fluente» - **steady state** -, y por su capacidad de autorregulación se sostiene una cantidad constante de individuos y especies a largo plazo.

Existen dos componentes que conforman el Ecosistema; el componente **abiótico** - **biotopo**-, el cual esta constituido por los factores de la materia, la radiación y la estructura del espacio; y el componente **biótico**, que es la comunidad de los organismos -**biocoenosis**-. La **biocoenosis** se divide en productores, consumidores y detritívoros.

El ecosistema más grande que se puede observar es la **biosfera**, conformada por la totalidad de los organismos y por la parte poblada de la tierra. La extensión de un ecosistema es variable y no limitada por fronteras fijas. Para la determinación de la extensión de un ecosistema se deben observar sus entidades funcionales y estructurales. Así por ejemplo se puede decir que una selva tropical es un Ecosistema, como también se puede tomar un solo árbol como un ecosistema, que es parte de un sistema mayor. La biosfera, como ecosistema más grande de la tierra, está compuesto de ecosistemas más pequeños, el

acuático, el terrestre y el antropógeno, los cuales a su vez se pueden subdividir en otros ecosistemas, y así sucesivamente de acuerdo con las necesidades.

Los diferentes organismos que integran un ecosistema poseen, frente a los diferentes factores ambientales (por ejemplo luz, temperatura, disponibilidad de oxígeno, etc...) y sus intensidades, una cierta tolerancia. Se habla de la respectiva **potencia ecológica** del organismo. Un factor ambiental y su recinto de intensidad es la **valencia ecológica**. Esta puede variar dentro de un máximo y un mínimo, lo que representa para un organismo la variación desde un óptimo hasta un pésimo. El número de individuos de una población esta limitado y controlado por aquel factor ambiental que tiene el efecto más desfavorable sobre estos.

Para la comparación de diferentes Ecosistemas es importante el concepto del **nicho ecológico**. El nicho ecológico se define como el recinto donde las potencias ecológicas de un organismo o su población y las valencias ecológicas ofrecidas de factores ambientales coinciden. Eso significa que un organismo, y por tanto su población, se integra en esta área de vida, a la cual esta mejor adaptado. Se trata de un mosaico de potencias y valencias ecológicas, lo cual determina la distribución espacial del organismo, la intensidad de su especialización y su competencia frente a otros organismos en la consecución de alimentos, sitios de reproducción y otros.

El concepto del nicho ecológico permite la comparación entre diferentes ecosistemas, porque nichos similarmente contruidos

podrían ser ocupados por especies diferentes. Así se pueden investigar y comparar las funciones de organismos y poblaciones en el mismo nicho ecológico de diferentes ecosistemas y la constitución de los sistemas por sí mismos.

El **ecosistema urbano** está definido como una población de seres humanos y su estructura urbana, la cual se diferencia como ecosistema en los factores bióticos y abióticos de los alrededores. El tamaño y la estructura de la urbanización son muy importantes y caracterizan el sistema. Esto tiene un impacto más o menos intenso sobre los organismos que viven en él.

El ecosistema es una constelación de relaciones entre poblaciones de organismos y su medio ambiente, el cual se considera «abierto», es decir esta en intercambio de materias y energía con su entorno, se encuentra en un estado de «equilibrio fluente» - steady state -, y por su capacidad de autorregulación se sostiene una cantidad constante de individuos y especies a largo plazo.

Aquí no se pretende reflexionar sobre todos los organismos del biotopo urbano ni sobre la forma como logran vivir en un ambiente construido por los seres humanos; lo que se intenta es observar al ser humano como el organismo dominante, la urbanización como su **habitat** e indagar la aplicabilidad del concepto de ecosistema a la población del hombre como organismo base. Por esta razón no se utilizará el concepto del ecosistema urbano, ya que este se centra en la biocoenose de la flora y fauna en la ciudad y no en la **antropocoenosis** de los seres humanos

exclusivamente. Por lo tanto se hablará del **ecosistema antropógeno urbano**. Hay que reconocer que no se pueden excluir los demás organismos del ecosistema, pero para la intención de este artículo esto no tiene importancia, debido a que el ser humano es el organismo dominante del sistema por su profusión y biomasa.

Ahora, **¿cómo se puede relacionar y comparar un ecosistema natural y el ecosistema antropógeno urbano?**

Un ecosistema en general está constituido, como ya se mencionó, por los componentes abiótico y el biótico. El componente abiótico se caracteriza por la materia (agua, minerales, oxígeno, dióxido de carbono y sustancias orgánicas), la estructura del biotopo y la radiación (luz, calor).

El ecosistema más grande que se puede observar es la biosfera, conformada por la totalidad de los organismos y por la parte poblada de la tierra.

En el ecosistema antropógeno urbano existe el mismo principio anterior pero con algunas variaciones y ampliaciones importantes. A las materias que existen naturalmente se agrega una multitud de sustancias antropógenas, las cuales producen un impacto mas o menos grave sobre el balance natural del sistema. La estructura antropógena es especial, porque el ser humano influye mucho más su habitat que cualquier otro ser vivo del planeta es capaz de hacer. Reemplaza lo que existe de manera natural utilizando materiales de construcción para edificios, redes de infraestructura, etc. En cuanto a la energía, el ecosistema antropógeno

urbano no solamente depende de la energía que le llega por radiación directa, como ocurre con los ecosistemas naturales, sino el ser humano recurre a reservas naturales de energía, las cuales se desarrollaron y depositaron en un largo espacio de tiempo, como son el petróleo y el carbón. Además utiliza otras formas de energía como son la energía potencial del agua, radiación solar, energía eólica y la energía atómica. Todo esto entra como energía adicional al sistema y también debe salir de uno u otro modo.

A causa del tratamiento especial que el ser humano da a la materia y a la energía, se dificulta el mantenimiento u obtención de un balance natural (steady state) del ecosistema mientras éste se encuentra en desarrollo. El balance natural no es más que un intercambio balanceado de materia y energía con el entorno, que permite la autorregulación del sistema, sin perturbar sus alrededores. Si un ecosistema quiere funcionar a en forma sostenible, debe llegar a su balance natural.

El componente biótico de un ecosistema natural está compuesto por productores, consumidores y detritívoros. Los productores asimilan materia orgánica, enriquecida de energía, de componentes básicos, que son materia inorgánica y energía proveniente de luz o química por fotosíntesis o quimosíntesis. Estos organismos autótrofos son todas las plantas verdes más algunos microorganismos. Ellos constituyen el fundamento de cada ecosistema, porque están en capacidad de crear elementos alimenticios o sea biomasa a partir de elementos abióticos. Después de los productores siguen los consumidores, los cuales utilizan esta biomasa para alimentarse

(heterótrofos) en diferentes etapas. Los consumidores primarios comen los productores directamente. Los consumidores secundarios se aprovechan de los consumidores primarios, etc. También existen los que comen de todo. Los detritívoros son los «descompositores», que utilizan el material orgánico muerto, y lo descomponen en sustancias más simples hasta obtener sustancias inorgánicas. En este ciclo cerrado de la materia todas las sustancias son utilizadas una y otra vez o sea que son recicladas. El caso de la energía es distinto al de la materia: la energía está fluyendo por el sistema y transformándose sin la posibilidad de ser reciclada por leyes de la termodinámica. El flujo de la energía es como una calle de dirección única, una vez absorbida en el sistema no puede ser reutilizada de nuevo. Este flujo de energía está conectado a los procesos biológicos por los organismos y así también está conectado a la materia reciclable. Es el motor para el cambio de la materia en la cadena alimenticia.

En el ecosistema antropógeno urbano encontramos una agrupación de consumidores de una sola especie, el ser humano, los cuales dependen de productores y detritívoros localizados fuera del sistema. En una aglomeración urbana es imposible para el ser humano alimentarse a partir del sistema mismo; su base alimenticia depende de la producción vegetal y animal situada en los alrededores de su sistema urbano, que se llamará, para los fines de este artículo, **ecosistema antropógeno paralelo**.

El ser humano es el último consumidor de la cadena alimenticia y no sirve como presa para otros organismos mientras que viva, pero

produce una gran cantidad de desechos en forma bio-orgánica y otros, los cuales deben tratarse de algún modo. Por lo general estos residuos se exportan de su sistema y se depositan, se quema o se vierte en ecosistemas cercanos con las consecuencias que ya se conocen. Por tanto los desechos antropógenos no entran en un sistema circular de materia como ocurre en un ecosistema natural. El ser humano ya no es parte de una cadena alimenticia que conecta los productores, consumidores y detritívoros directamente. El ser humano agrega productos en masa y en gran variedad. Debido a la cría de animales y el cultivo de plantas, que cada vez deben ser mejores y a la aplicación de fertilizantes y venenos (insecticidas, herbicidas, fungicidas etc.), los humanos quieren obtener un máximo de producción agrícola suprimiendo la competencia de otros organismos. Los productos industriales, que la naturaleza no puede ofrecer en esta forma, se están sintetizando en grandes cantidades, lo que implica empaquetar, depositar, transportar etc. Este proceso entrega aun más materias materiales al sistema, lo que representan una gran cantidad de productos finales. Estos no son fáciles de tratar o imposible de descomponer para los detritívoros y por tanto no reciclables. El ecosistema antropógeno urbano ya no es un sistema que se considera abierto, en el sentido del intercambio de materia y energía con el entorno, sino es un sistema demasiado amplio y exportador e importador de gran cantidades de materia y energía. Eso complica el mantenimiento del balance natural y se convierte en una en una carga para su entorno cercano y mucho más allá. A lo largo del tiempo el propio ecosistema y los que están cerca de él ya no serán capaces de compensar la carga. No

se trata solamente de contaminación sino de la destrucción del propio medio ambiente. La contaminación de la atmósfera, hidrosfera y litosfera con sustancias nocivas, calentamiento, ruido etc. se revierte al ser humano.

El balance natural y la capacidad de autorregulación de un ecosistema natural garantizan su existencia y por ende su supervivencia; también le dan cierta capacidad de compensar cierto nivel de contaminación. Este concepto es aplicable y debe ser aplicado a al ecosistema antropógeno urbano, para garantizarle su existencia a largo plazo. Para lograr esto hay que tener en cuenta, que la producción máxima a cualquier precio no puede ser el único principio de la sociedad, sino que también tiene que respetar los recursos naturales y tratar de utilizarlos apropiadamente; el recurso natural no se debe explotar hasta lo posible técnicamente sino hasta lo mínimo necesario según la tecnología existente y las posibilidades económicas del sistema. Ahorrar recursos, reciclar basuras y tratar las aguas residuales son solamente algunos de los tópicos en este sentido. Como el ser humano ya no es capaz de vivir en un ecosistema natural, tiene que encontrar un compromiso. La utilización de los recursos de la naturaleza, sea energía o materia, y el tratamiento de las basuras, aguas residuales etc. debe manejarse en un marco razonable que respete los límites de la sostenibilidad del sistema propio y de otros sistemas involucrados.

Como ya se comentó, el concepto de nicho ecológico es interesante para comparar diferentes Ecosistemas. Si vemos al ser humano como organismo de la naturaleza y no «civilizado», está en la posibilidad de integrarse

en zonas extremas de condiciones ambientales, o sea que su tolerancia a los factores ambientales es muy grande. Si se observan pueblos "primitivos", que hacen parte de un entorno natural (por ejemplo esquimales del Artico o indígenas de la selva tropical) que forman parte de un Ecosistema natural y no dominado por el humano, se descubre que fueron capaces de poblar las zonas más extremas, con respecto a los factores ambientales, sin utilizar herramientas modernas, que son productos de la alta tecnología.

El ecosistema urbano está definido como una población de seres humanos y su estructura urbana, la cual se diferencia como ecosistema en los factores bióticos y abióticos de los alrededores.

El humano "civilizado" en el Ecosistema antropógeno urbano trata de acomodarse a su medio ambiente utilizando todas las "herramientas modernas" que puede obtener y más que eso está tratando de cambiar los factores ambientales a su favor. Por ejemplo, si hace frío, instala una calefacción. La idea es de hacerse su "propio ambiente" tan cómodo y agradable como es posible para lograr un estándar de vida más alto. Por la forma de la comunidad en una sociedad, los factores ambientales naturales pierden importancia, pero se desarrollan **factores antropógenos**, los cuales ganan cada día mas importancia e influencia sobre el ser humano, hasta que llega a depender por completo de éstos.

El ser humano como especie en el ecosistema antropógeno urbano no tiene competencia

natural, sólo compite con individuos de la misma especie. La especialización de ciertos grupos de la población humana hasta la especialización de una sola persona permite minimizar la competencia que se tiene con las personas de la misma especie. Así el hombre forman **nichos artificiales o antropógenos**. Los humanos se ocupan de diferentes funciones dentro de la sociedad, para que el sistema pueda funcionar como un sistema completo. Lo que mantiene una Biocenosis en vivo en un ecosistema natural, es la dependencia de los organismos entre sí en la cadena alimenticia. Lo que mantiene la sociedad de los humanos en un ecosistema antropógeno urbano es la especialización de cada uno dentro del grupo y el cumplimiento de ciertas funciones. En el ecosistema natural se conservan a largo plazo los números de individuos y las especies por la autorregulación. Por ejemplo, si un organismo, que sirve como presa para un predador, aumenta su número por buenas condiciones del ambiente, el predador tiene mucho que comer y aumenta su número también. Se

E

El Ecosistema Antropógeno Urbano

Dianaⁿ Fredeⁿ L.
Raúlⁿ Trujilloⁿ A.

Hacer frente a los retos futuros de nuestro mundo, a los retos que presenta nuestro medio ambiente, requiere mucho más que hacer inventarios cuantitativos de los activos de infraestructura y calcular las necesidades de inversión conforme a modelos económicos. Exige afrontar los problemas de ineficiencia y desperdicio, como también responder con habilidad a las nuevas demandas. Para esto se debe, primero que todo, volver la mirada a la base, al concepto de ecosistema, a la lección que tras miles de años de evolución no hemos sabido interpretar y mucho menos aplicar.

Diana Frede L., Bióloga y Raúl Trujillo A., Ingeniero, Doctor, profesor del departamento de Ingeniería Civil, Universidad EAFIT.