



ECOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE

12 

BACHILLERATO

Ecosistema



Un principio central de la ecología es que cada organismo vivo tiene una relación permanente y continua con todos los demás elementos que componen su entorno. La suma total de la interacción de los organismos vivos (la biocenosis) y su medio no viviente (biotopo) en una zona que se denomina un ecosistema. Los estudios de los ecosistemas por lo general se centran en la circulación de la energía y la materia a través del sistema.

Casi todos los ecosistemas funcionan con energía del sol capturada por los productores primarios a través de la fotosíntesis. Esta energía fluye a través de la cadena alimentaria a los consumidores primarios (herbívoros que comen y digieren las plantas), y los consumidores secundarios y terciaria (ya sea omnívoros o carnívoros). La energía se pierde a los organismos vivos cuando se utiliza por los organismos para hacer el trabajo, o se pierde como calor residual.

La materia es incorporada a los organismos vivos por los productores primarios. Las plantas fotosintetizadoras fijan el carbono a partir del dióxido de carbono y del nitrógeno de la atmósfera o nitratos presentes en el suelo para producir aminoácidos. Gran parte de los contenidos de

carbono y nitrógeno en los ecosistemas es creado por las instalaciones de ese tipo, y luego se consume por los consumidores secundarios y terciarios y se incorporan en sí mismos. Los nutrientes son generalmente devueltos a los ecosistemas a través de la descomposición. Todo el movimiento de los productos químicos en un ecosistema que se denomina un ciclo biogeoquímico, e incluye el ciclo del carbono y del nitrógeno.

Los ecosistemas de cualquier tamaño se pueden estudiar, por ejemplo, una roca y la vida de las plantas que crecen en ella puede ser considerado un ecosistema. Esta roca puede estar dentro de un llano, con muchas de estas rocas, hierbas pequeñas, y animales que pastorean - también un ecosistema-. Este puede ser simple en la tundra, que también es un ecosistema (aunque una vez que son de este tamaño, por lo general se denomina ecozonas o biomas). De hecho, toda la superficie terrestre de la Tierra, toda la materia que lo compone, el aire que está directamente encima de este, y todos los organismos vivos que viven dentro de ella puede ser considerados como una solo, gran ecosistema.

Los ecosistemas se pueden dividir en los ecosistemas terrestres (incluidos los ecosistemas de bosques, estepas, sabanas, etc), los ecosistemas de agua dulce (lagos, estanques y ríos), y los ecosistemas marinos, en función del biotopo dominante.

Los ecosistemas no están aislados unos de otros sino interrelacionadas; por ejemplo, el agua puede circular entre los ecosistemas por medio de un río o corriente oceánica. El agua en sí, como un medio líquido, incluso define los ecosistemas. Algunas especies, como el salmón o la anguila de agua dulce se mueven entre los sistemas marinos y de agua dulce. Estas relaciones entre los ecosistemas conducen a la idea de "bioma". Un bioma es una formación homogénea ecológica que existe

en una amplia región, como la tundra y las estepas. La biosfera comprende la totalidad de los biomas de la Tierra - la totalidad de los lugares donde la vida es posible - desde las montañas más altas a las profundidades oceánicas.

Los biomas están bastante bien distribuidos a lo largo de las subdivisiones a las latitudes, desde el ecuador hacia los polos, con las diferencias basadas en el entorno físico (por ejemplo, los océanos o cordilleras) y el clima. Su variación está generalmente relacionada con la distribución de las especies de acuerdo a su capacidad para tolerar la temperatura, la sequedad, o ambos. Por ejemplo, se pueden encontrar algas fotosintéticas solo en la parte luminosa de los océanos (donde penetra la luz), mientras que las coníferas se encuentran principalmente en las montañas.

Aunque esta es una simplificación de un sistema más complicado, la latitud y la altitud representan de manera adecuada la distribución de la diversidad biológica dentro de la biosfera. En general, la riqueza de la diversidad biológica (así como de los animales como para las especies de plantas) está disminuyendo más rápidamente cerca del ecuador y más lentamente a medida que nos aproximamos a los polos.

La biosfera también puede ser dividida en ecozonas, que están muy bien definidas y sobre todo hoy en día sigue las fronteras continentales. Las zonas ecológicas son divididas en las ecorregiones, aunque no hay acuerdo sobre sus límites.

Como disciplina científica en donde intervienen diferentes caracteres la ecología no puede dictar qué es "bueno" o "malo". Aun así, se puede considerar que el mantenimiento de la biodiversidad y sus objetivos relacionados han provisto la base científica para expresar los objetivos

del ecologismo y, asimismo, le ha provisto la metodología y terminología para expresar los problemas ambientales.

La economía y la ecología comparten formalismo en muchas de sus áreas; algunas herramientas utilizadas en esta disciplina, como tablas de vida y teoría de juegos, tuvieron su origen en la economía. La disciplina que integra ambas ciencias es la economía ecológica.

- La aerobiología es una ciencia multidisciplinaria en la que se incluyen los procesos ecológicos relacionados con las partículas biológicas transportadas pasivamente a través del aire.
- La ecología microbiana es la rama de la ecología que estudia a los microorganismos en su ambiente natural, los cuales mantienen una actividad continua imprescindible para la vida en la Tierra. En los últimos años se han logrado numerosos avances en esta disciplina con las técnicas disponibles de biología molecular. Los mecanismos que mantienen la diversidad microbiana de la biosfera son la base de la dinámica de los ecosistemas terrestres, acuáticos y aéreos. Es decir, la base de la existencia de las selvas y de los sistemas agrícolas, entre otros. Por otra parte, la diversidad microbiana del suelo es la causa de la fertilidad del mismo.
- La biogeografía: es la ciencia que estudia la distribución de los seres vivos sobre la Tierra, así como los procesos que la han originado, que la modifican y que la pueden hacer desaparecer. Es una ciencia interdisciplinaria, de manera que aunque formalmente es una rama de la geografía, recibiendo parte de sus fundamentos de especialidades como la climatología y otras ciencias de la Tierra, es a la vez parte de la biología. La superficie de la Tierra no es uniforme, ni en toda ella existen las mismas características. El espacio isotrópico que utilizan, o suponen, los esquemas teóricos de localización es tan solo una construcción matemática del espacio.

- La ecología matemática se dedica a la aplicación de los teoremas y métodos matemáticos a los problemas de la relación de los seres vivos con su medio y es, por tanto, una rama de la biología. Esta disciplina provee de la base formal para la enunciación de gran parte de la ecología teórica
- La ecología urbana es una disciplina cuyo objeto de estudio son las interrelaciones entre los habitantes de una aglomeración urbana y sus múltiples interacciones con el ambiente.
- La ecología de la recreación es el estudio científico de las relaciones ecológicas entre el ser humano y la naturaleza dentro de un contexto recreativo.
- La ecología del paisaje es una disciplina a caballo entre la geografía física y la biología. Estudia los paisajes naturales prestando especial atención a los grupos humanos como agentes transformadores de la dinámica físico-ecológica de estos. Ha recibido aportes tanto de la geografía física como de la biología: la geografía aporta las visiones estructurales del paisaje (el estudio de la estructura horizontal o del mosaico de subecosistemas que conforman el paisaje), mientras que la biología aporta la visión funcional del paisaje (las relaciones verticales de materia y energía). Este concepto comienza en 1898, con el geógrafo, padre de la pedología rusa, Vasily Vasilievich Dokuchaev y fue más tarde continuado por el geógrafo alemán Carl Troll. Es una disciplina muy relacionada con otras áreas como la geoquímica, la geobotánica, las ciencias forestales o la pedología.
- La limnología es la rama de la ecología que se centra en el estudio de los sistemas acuáticos continentales: ríos, lagos, lagunas, etcétera.
- La dendroecología se centra en el estudio de la ecología de los árboles.

- La ecología regional es una disciplina que estudia los procesos ecosistémicos como el flujo de energía, el ciclo de la materia o la producción de gases de invernadero a escala de paisaje regional o bioma. Considera que existen grandes regiones que funcionan como un único ecosistema.
- La agronomía, pesquería y, en general, toda disciplina que tenga relación con la explotación o conservación de recursos naturales, en especial seres vivos, pueden interpretarse como ecología aplicada. Es decir, tienen la misma relación con la ecología que gran parte de las ingenierías con la matemática, la física o la química.
- La ecología y sus distintas acepciones
- Como disciplina científica. La ecología tiene algo más de un siglo, por lo que se puede considerar una ciencia joven. Surgió apegada a la Biología y tuvo una fuerte dependencia hacia ella, por lo que todavía hoy algunos la señalan como rama de la Biología. En nuestro idioma, se puede distinguir entre la Ecología como actividad científica, realizada por los ecólogos, y la Ecología a partir de la militancia o el movimiento de los ecologistas, si bien pueden existir "ecólogos" que sean "ecologistas".
- Esta disciplina parte de la idea de que los seres vivos, los ecosistemas, el conjunto de la biosfera, la Tierra o el Universo son sistemas complejos en los que se establecen infinidad de relaciones entre sus componentes. Cabe recordar que en el estudio de los problemas ambientales se unen muchas ciencias distintas: Biología, geología, física y química y otras ciencias sociales y humanas como la economía, el derecho, la ética o la política.

- La Ecología moderna tuvo sus principios con el desarrollo de la teoría de la evolución de Charles Darwin, al observar que el medio ambiente está en constante cambio, y que los organismos mejor adaptados son los que sobreviven por el mecanismo de la selección natural, resaltando la importancia de la interacción de los organismos con su entorno. En 1869, el alemán Ernst Haeckel crea el término "Ecología", al utilizar la voz griega "oikos", que significa casa o lugar para vivir, y la raíz "logos" que significa ciencia o estudio. Haeckel se oponía claramente a la idea de que los organismos fueran pasivos frente al ambiente.
- Su evolución a partir de las primeras sociedades y revistas
- Aunque la Ecología nació en el siglo XIX con el trabajo de Haeckel, su crecimiento se dio en el siglo XX, con la aparición de las primeras sociedades y revistas ecológicas. En 1948 se crea la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y sus Recursos Naturales (UICN), con el objetivo de conservar el medio ambiente y para desarrollar proyectos a nivel mundial que estudiaran las relaciones entre los organismos, incluido el hombre y su entorno. Una de las primeras reuniones internacionales que se realizó con el fin de unificar criterios a nivel mundial para la conservación de los recursos naturales fue la Conferencia Mundial sobre el Medio Ambiente, celebrada en Estocolmo en 1972. Asimismo, otra fecha importante es la de 1992, cuando se reunieron en Río de Janeiro los representantes de 175 países en la llamada Cumbre de la Tierra, con el fin de estudiar la vulnerabilidad del planeta y tomar medidas.
- EL MEDIO AMBIENTEEl medio ambiente no se reduce al espacio en el que se desarrolla la vida de los seres vivos, sino que también abarca, además, seres humanos, animales, plantas, objetos, agua, suelo, aire y las relaciones entre ellos, así como elementos tan

intangibles como la cultura. Algunos autores se muestran reacios a utilizar el concepto de "medio ambiente" como traducción directa del vocablo inglés "environment", puesto que lo consideran una redundancia que mediatiza y desvirtúa el concepto "ambiente", que ya de por sí define lo que se quiere expresar. Sin embargo, el concepto de "medio ambiente" parece haberse asentado tanto en el lenguaje común como en el de los responsables institucionales.

- En España, aproximadamente una veintena de carreras universitarias se relacionan en mayor o menor medida con el medio ambiente, cada una de ellas con una perspectiva y competencia distinta, ya sea de manera más ligada al medio (Ciencias de la Tierra o Ciencias sociales), o para la corrección de los efectos negativos de las actuaciones humanas (Ingeniería), e incluso algunas universidades ofrecen carreras de medio ambiente propiamente dichas. Asimismo, dada la dispersión de conocimientos y la procedencia de los profesionales, se imparten por parte de las propias universidades, así como por parte de organismos, empresas o fundaciones diversos cursos de doctorado, postgrados, másters o cursos especializados.

La sustentabilidad ecológica en la gestión de residuos sólidos urbanos

El concepto de sustentabilidad está íntimamente ligado al de Desarrollo Sustentable o Sostenible y frecuentemente es asumido como un término "mágico" de superación en el debate que se viene dando en las últimas tres o cuatro décadas sobre conceptos anteriores tales como desarrollo integral y ecodesarrollo, en referencia a desarrollo y ambiente.

Si bien el término Desarrollo Sustentable fue utilizado por primera vez por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza alcanza una conceptualización más definida en el informe de la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo formada a partir de la primera Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente Humano titulado Nuestro Futuro Común. El documento hace un llamamiento en pos de un desarrollo sustentable, enunciado como: " la humanidad está en condiciones de realizar un desarrollo sustentable en el tiempo, en forma tal que satisfaga las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones en atender sus propias necesidades".

A partir de allí, el concepto de desarrollo sustentable comienza a ser utilizado y citado por distintas personas y sectores de la sociedad a nivel nacional e internacional, variando los contenidos del mismo, de acuerdo a quien lo emplea.

Si consideramos que el objetivo del desarrollo sustentable es el mejoramiento de la calidad de vida humana, que puede implicar el manejo e incluso la transformación de los ecosistemas, aprovechando sus bienes y servicios, minimizando los conflictos que producen la explotación de los mismos y distribuyendo los costos y beneficios ecológicos entre las poblaciones involucradas; el concepto de desarrollo sustentable no supone como objetivo único la conservación de la naturaleza en su estado original, sino que significa la aplicación de un modelo de desarrollo que minimice la degradación o destrucción de la base ecológica de producción y habitabilidad, y permita el desarrollo de las futuras generaciones.

La sustentabilidad de los recursos naturales básicos de las ciudades (particularmente referidos al relieve, al agua, al suelo, al aire, a la cubierta vegetal) se ha vuelto crítica debido fundamentalmente al tipo de uso y manejo que se ha hecho de dichos recursos. Se entorpecen o alteran las funciones ecológicas relacionadas con procesos ecosistémicos básicos como el desarrollo del ciclo hidrológico; de los ciclos biogeoquímicos más importantes: como el del carbono, del oxígeno, del azufre, del nitrógeno y otros; y el ciclo de la materia en general.

En la Argentina, los estudios sobre la problemática ambiental de las ciudades son poco frecuentes y la mayoría consideran aspectos parciales de dicha problemática. Existe un sesgo muy marcado a contemplar las consecuencias - generalmente negativas - de la actividad del hombre sobre los sistemas urbanos, y no la interacción entre ambos. Es decir, la dimensión social, económica y física, entendida como una resultante de la relación de la población y sus actividades con el medio físico, es muchas veces mal valorada.

Del mismo modo, algunos estudios urbanos están frecuentemente sesgados hacia el análisis del comportamiento social y su relación con el ambiente construido, (la dotación de la infraestructura de la ciudad); menospreciando la interpretación de la relación establecida con los recursos naturales básicos. Los problemas considerados como ambientales se refieren fundamentalmente al hábitat, sin acceder a una escala mayor de análisis que integre las distintas variables (físicas, biológicas, antrópicas) y cuyas interrelaciones den cuenta del funcionamiento del así llamado "ambiente urbano".

Existen en la conformación de las ciudades distintas interacciones entre los recursos naturales básicos (el relieve, el agua, el aire, el suelo, la fauna y la flora); los recursos construidos (sus edificios e

infraestructura) y la población que vive en ellas. El uso y manejo de estos recursos dependen de una serie de relaciones que algunos autores sintetizan en la relación entre la sociedad y la naturaleza, y otros en la relación hombre - ambiente. Esta relación varía fundamentalmente de acuerdo a las políticas socioeconómicas implementadas a lo largo de los distintos procesos históricos.

paradigma que reformule los medios y fines del desarrollo basándose en los principios de equidad y justicia social no sólo entre los individuos sino entre las regiones y las naciones.

El significado de sustentabilidad

La sustentabilidad ecológica

El concepto de sustentabilidad ecológica supone la propuesta de criterios necesarios para establecer la evaluación de cambios, adaptaciones y límites del sistema ecológico, frente a la presión ejercida por los procesos de desarrollo socioeconómico. Desde la perspectiva de las ciencias naturales, se han introducido varios criterios para operar el concepto de sustentabilidad, con el objetivo de evaluar cambios y respuestas de los ecosistemas frente a la intervención humana. Conceptos tales como mantenimiento de ecosistemas, salud de ecosistemas y desarrollo de ecosistemas, han sido revisados y traducidos en indicadores capaces de proveer un conocimiento temprano de cambios negativos en el estado de un determinado ecosistema antes de que dicho cambio pase a ser irreversible. Un ejemplo de ello es la aplicación de especies indicadoras, animales y vegetales, para detectar niveles de concentración de contaminación, antes que ella ponga en riesgo la salud humana.

Los ciclos naturales de la energía y la materia en la Tierra pueden ser estudiados como flujos entre compartimientos, en los cuales interesa

conocer el tipo de ciclo desarrollado y la cantidad transportada. Existen cuatro compartimientos materiales en la Tierra: la atmósfera, la hidrosfera, la litosfera y la biosfera. La biosfera o "la capa de la vida" es la estrecha zona de tierras y océanos que contiene como su nombre lo indica la mayor parte de la vida. Como los seres vivos no pueden vivir separados de su ambiente, la biosfera incluye parte de la atmósfera, la hidrosfera y la capa superficial del suelo de la litosfera. Siendo nuestro interés el estudio de los ciclos de la materia que afecta principalmente a los seres vivos vamos a considerar que la Tierra está formada por dos grandes compartimientos: la biosfera y la litosfera. El tipo de intercambio de materia entre la biosfera y la litosfera es circular y cerrado, es decir toda la materia que eventualmente sale de la litosfera retornará en tiempos geológicos a ella.

Las actividades humanas se desarrollan dentro de un nuevo compartimiento que denominamos tecnósfera² e interactúan con los ciclos naturales entre la biosfera y la litosfera de diversas formas:

- a) aumentando la cantidad de los elementos naturales que intervienen en los ciclos. Por ejemplo hay un 30% más de carbono en la atmósfera que lo naturalmente esperado.
- b) introduciendo en la biosfera sustancias de difícil metabolización, principalmente de origen industrial.
- c) modificando los ciclos biogeoquímicos.
- d) cambiando los ciclos circulares y cerrados a lineales y abiertos.
- e) acumulando los productos de desecho de la actividad humana en la biosfera.

El cambio de un ciclo de la materia circular a uno lineal tiene como consecuencia la acumulación neta en la biosfera de elementos como el carbono, nitrógeno, fósforo, azufre, metales y también residuos. Esta acumulación se debe a que los flujos debidos a la actividad humana exceden la tasa de retorno natural de los materiales a la litosfera. Las

actividades humanas involucradas en este cambio en los ciclos de la materia son insustentables porque no pueden ser mantenidas durante muchos años sin comprometer el ambiente de las futuras generaciones. Por otro lado, los ecosistemas naturales se caracterizan porque la cantidad de materia que se produce dentro de ellos es generalmente mayor que la consumida. En los sistemas urbanos, en cambio, la tasa de producción propia es inferior a la tasa de consumo de materia. Hay en ellos una alta tasa de consumo de materia alóctona, gran cantidad de productos de desecho de su metabolismo que quedan en el sistema y tienen una baja capacidad de recirculación.

La sustentabilidad de la gestión de los residuos sólidos urbanos, hacia la cual está enfocada éste trabajo, está relacionada con las siguientes modificaciones de los ciclos naturales que serán analizadas a continuación:

- la magnitud del transporte neto de materia de la litosfera y la biosfera hacia la biosfera.
- los impactos ambientales de la acumulación de los residuos en la biosfera, que afectan a sus funciones ecológicas.

Se depositaron en 1997 más de 4.000.000 de toneladas de residuos en materia que originalmente procede de la litosfera, por ejemplo metales, sílice y subproductos de los combustibles fósiles, y de la biosfera como productos vegetales y animales. La disposición en los rellenos sanitarios controlados influye sobre la sustentabilidad ecológica ya que es un transporte neto lineal (de acumulación) que se produce entre la tecnosfera y la biosfera en el AMBA (considerando que los rellenos sanitarios forman parte de la biosfera), con una baja tasa de retorno a la naturaleza.

La sustentabilidad ecológica del ciclo litosfera y biosfera ® tecnosfera ® biosfera litosfera puede estimarse mediante lo que definimos como el primer componente:

En resumen, la gestión de los residuos sólidos en el AMBA produce un aumento de las cantidades de los elementos involucrados en los ciclos naturales, que no se encontrarán disponibles para retornar hasta dentro de cientos de generaciones. Este aumento y la acumulación de los residuos son insustentables por las propias características del flujo lineal involucrado.

Funciones ecológicas y sustentabilidad

Los residuos tiene otro destino final que no son los rellenos sanitarios: la acumulación en basurales a cielo abierto, terrenos y cuerpos de agua (ríos y arroyos). Aquí la influencia sobre el medio ambiente se da principalmente por la contaminación y reducción de los servicios ecológicos en recursos básicos como el suelo, el subsuelo y el agua. El concepto de sustentabilidad ecológica está íntimamente relacionado con la pérdida o disminución de las funciones ecológicas. Funciones ecológicas son los procesos ecosistémicos básicos que garantizan la continuidad en el tiempo de los servicios ecológicos que los recursos naturales como el suelo, agua, biodiversidad y atmósfera proveen y que determinan la calidad de la vida humana. En particular algunas de las funciones ecológicas de interés para el mantenimiento de las condiciones de equilibrio de los ecosistemas urbanos son la capacidad de absorber dióxido de carbono, la capacidad de fijar energía solar en forma de energía química y transformarla en alimentos, la descomposición de la materia orgánica, el reciclaje de los nutrientes, el control del balance de poblaciones de animales y plantas, la absorción, retención y distribución de los flujos pluviales y la posibilidad del desarrollo de los ciclos biogeoquímicos e hidrológicos.

La inadecuada gestión de los residuos urbanos puede influir negativamente sobre los ciclos biogeoquímicos y la biodiversidad, afectando la sustentabilidad ecológica. Esta afectación puede ser evaluada por medio de dos propiedades que relacionan la degradación

de los ciclos y la biodiversidad con la pérdida de las funciones ecológicas: la estabilidad del ecosistema urbano y la reversibilidad de los cambios producidos por la gestión de los residuos. La estabilidad es la capacidad del ecosistema de mantener su estructura y funciones frente a una perturbación, por ejemplo la contaminación. La reversibilidad se entiende en este contexto como la vuelta de un ecosistema a las condiciones previas a la intervención en tiempos generacionales (Begon et al 1987). Algunos de los efectos producidos por la actividad humana pueden ser reversibles en tiempos ecológicos que en general se miden en decenas a cientos de años.

La posibilidad de que las futuras generaciones puedan atender sus propias necesidades está íntimamente relacionada con la pérdida de la estabilidad de los ecosistemas urbanos.

Indicadores de sustentabilidad ecológica.

Criterios conceptuales

La definición de indicadores es modelada por premisas teóricas y prácticas que delimitan el tipo de información a obtener, así como la interpretación de dicha información. Diferentes paradigmas y diferentes interpretaciones dentro de un mismo paradigma, han generado diferentes indicadores para la evaluación del proceso de desarrollo.

Por lo tanto, el primer paso en la definición de indicadores es el análisis y la traducción de los principios introducidos por el concepto de Desarrollo Sustentable. Si, por ejemplo consideramos tres subsistemas: a) el social, b) el económico y c) el ecológico, el bienestar social, el desarrollo económico y la integridad ecológica constituyen correlativamente los principales objetivos dentro de cada subsistema y dichos objetivos son altamente interdependientes en términos temporales y espaciales.

El logro simultáneo de objetivos de desarrollo social y económico a partir de niveles sustentables en el uso de los recursos naturales y, en el caso de las ciudades, fundamentalmente ligado a la generación de residuos, impone en muchos casos intercambios y negociaciones. Dichos intercambios se regulan por un conjunto de objetivos o principios de articulación definidos en términos de equidad, eficiencia, sustentabilidad ecológica y habitabilidad.

Específicamente en la sustentabilidad ecológica ello implica: el uso sustentable de los recursos naturales básicos renovables (como agua, suelo, aire, vegetación, fauna), la minimización del uso de recursos no renovables (petróleo, gas, etc.) y el mantenimiento de la generación de residuos dentro de los límites ecológicos de absorción locales, regionales y globales. Sus objetivos se centran en evitar impactos negativos sobre la vida humana y sus actividades, con una implicancia de tiempo actual y a futuro.

La articulación de objetivos propuestos bajo el paradigma de Desarrollo Sustentable, demanda el uso de indicadores capaces de desagregar el impacto de procesos de privación y vulnerabilidad ambiental, considerando aspectos como: quién sufre el impacto (desagregación socioeconómica), dónde (desagregación geográfica o sectorial) y cuándo (articulación de causas y efectos a través del tiempo) (Allen 1996).

Condiciones necesarias de los indicadores

Los indicadores de sustentabilidad urbana constituyen los test conductores de sustentabilidad y reflejan las situaciones básicas y fundamentales - considerando un período largo de tiempo - de los procesos económicos, sociales y de salud ambiental de una comunidad a través de las generaciones.

Pero un indicador es literalmente sólo eso, es decir, provee sólo "indicaciones" de las condiciones de un problema. Su gran utilidad es que al ser cuantitativos o semicuantitativos permiten la comparación de elementos o procesos entre ciudades. Como un indicador no puede dar cuenta de todos los componentes del proceso ocurrido, se usan una serie de indicadores que caracterizan los distintos aspectos y dimensiones de una situación. Desafortunadamente, esto puede entrar en conflicto con la necesidad de identificar un conjunto lo más limitado posible con el propósito de que sean útiles para la toma de decisiones.

Los indicadores de sustentabilidad urbana se distinguen de los simples indicadores ambientales, económicos y sociales por el hecho de que ellos deben:

Ser integradores: deben poder unir o interrelacionar las dimensiones sociales, económicas y ambientales de la sustentabilidad;

Poder predecir situaciones a futuro, teniendo en cuenta las tendencias históricas;

Ser distributivos, deben poder medir no sólo la equidad intergeneracional sino también la intrageneracional.

Indicadores de sustentabilidad urbana para la gestión de residuos sólidos. Algunas consideraciones generales.

De acuerdo a lo dicho, los residuos producidos en una ciudad constituyen parte del ciclo de la materia: su degradación y la entrada nuevamente al sistema litosfera-biosfera.

El aumento de la población urbana y el cambio que se ha producido fundamentalmente en la segunda mitad del siglo XX en los patrones de producción y consumo han conducido a un agravamiento del problema de la eliminación de los residuos sólidos en casi todas las ciudades. Ello se expresa en un aumento de la producción de basura inorgánica (como derivado de formas de producción y comercialización que, por ejemplo,

potencian el uso de material de embalaje), en fallas de recolección (en el espacio y en el tiempo) y en una inadecuada disposición final, prueba de ello son los numerosos basurales a cielo abierto.

Si nos extendemos a los residuos sólidos de origen industrial, muchos de ellos constituyen los llamados residuos tóxicos y/o peligrosos, lo mismo ocurre con aquellos de origen hospitalario.

¿Qué está pasando en esta parte del ciclo de la materia?

Como vimos, el proceso que tiende a la eliminación de los residuos ha rebasado en muchos casos la capacidad de digestión del ambiente, contaminándolo en todos o en parte de sus componentes, esto es: aire, agua y suelo. Como resultado de ello, los seres vivos en general y el ser humano en particular sufren un deterioro en su calidad de vida, siendo la salud uno de los aspectos más vulnerados.

Por otro lado, gran parte de las actividades de la producción necesitan utilizar los mismos recursos básicos que algunas actividades productivas degradan. En ese sentido, si bien el recurso agua tiene una gran significancia - siendo considerado desde escaso a potencial hipótesis de conflicto entre pueblos - no son menos importantes las condiciones del suelo y del aire.

La actividad industrial argentina en un mundo de intercambio cada vez más globalizado, comienza a preocuparse por el tratamiento a dar a los residuos que produce. Cada vez las condiciones de radicación industrial se vuelven más sensibles a las condiciones ambientales que las industrias deben cumplir. Por otro lado, la colocación de sus productos en el mercado externo, y aún en el interno, demandará normas ambientales cada vez más estrictas en el ciclo de vida de sus productos (producción, distribución, envases, etc).

La sustentabilidad ecológica de la gestión de los residuos urbanos puede ser estudiada por medio de un sistema de tres componentes (Tabla 2), cada uno de los cuales analiza un aspecto o dimensión de la

sustentabilidad y que puede ser cuantificado por algunos de los indicadores desarrollados en este trabajo.

Componentes e indicadores de la sustentabilidad ecológica.

Componentes	Indicadores que integran el componente
Primer componente (SE1): analiza el flujo unidireccional de los residuos. El ciclo de los residuos se puede dividir en dos partes: la cantidad de materia que es extraída de la litosfera y la cantidad que es reincorporada desde la biosfera. La relación entre ambas es SE1.	Residuos per cápita dispuestos por partido del AMBA
Segundo componente (SE2): analiza los efectos degradadores sobre el ambiente. La sustentabilidad ecológica en el caso de los residuos está asociada a como se ven afectadas las funciones ecológicas relacionadas principalmente con los ciclos biogeoquímicos y la biodiversidad. Todos los indicadores se integran en un índice final.	Número de basurales a cielo abierto por partido del AMBA Volumen de residuos en basurales por partido del AMBA Superficie sanitaria equivalente ocupada por basurales en cada partido del AMBA Relación entre la cantidad de residuos generados y la cantidad de residuos dispuestos

	Localización de los basurales, respecto a su distancia a cuerpos de agua Potencialidad de contaminación de agua y suelo por residuos industriales, de acuerdo a la localización de establecimientos fabriles Recuperación de terrenos con basurales clandestinos
Tercer componente (SE3): analiza la situación socioeconómica de la población. Contempla el hecho de que los sectores de la población que se encuentran en una situación socioeconómica desfavorable son más vulnerables a los efectos ambientales causados por una inadecuada gestión de los residuos.	Índice de Ingreso relativo de los partidos del AMBA.

Los indicadores de la Tabla 2 han sido analizados en extenso por Di Pace y Crojethovich (1998). En base a los datos disponibles han sido cuantificados y ponderados para cada partido del AMBA, estableciendo para cada uno los criterios de que situaciones favorecen o no la sustentabilidad ecológica.

Consideraciones finales

Aun cuando el enfoque dado a este trabajo está relacionado con la gestión de los residuos, hemos visto como la sustentabilidad ecológica es sensible no sólo a aspectos relacionados con el estado de los recursos

naturales sino también y fundamentalmente con los aspectos económicos y sociales. El manejo integral de los residuos constituye un "cuello de botella" socioeconómico y ambiental para las gestiones municipales. Así el sistema diseñado de componentes-indicadores de sustentabilidad puede convertirse en un instrumento útil para el diseño y la evaluación de políticas de acción..

La elaboración y aplicación de los indicadores planteados ratifican la concepción holística subyacente en el concepto de sustentabilidad, en este caso de lo que podemos llamar la sustentabilidad urbana. Desde la gestión municipal y/o regional ello implica el diseño de políticas y acciones que integren los aspectos ambientales, sociales y económicos. Esta estrategia de gestión es un proceso relevante a construir, en especial para el AMBA, cuya insustentabilidad precariza la vida cotidiana de sus habitantes.

En ecología, sostenibilidad o sustentabilidad describe cómo los sistemas biológicos se mantienen productivos con el transcurso del tiempo. Se refiere al equilibrio de una especie con los recursos de su entorno. Por extensión se aplica a la explotación de un recurso por debajo del límite de renovación de estos.

El desarrollo sustentable es sinónimo de sostenible y es un término acuñado desde el informe de Brundtland de 1987, redactado por la ONU, por la Doctora Gro Harlem Brundtland, y que se llamó originalmente "Nuestro Futuro Común". La frase que resume Desarrollo Sustentable en el informe es el siguiente: Satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las del futuro para atender sus propias necesidades. Los tres pilares que se relacionan en el Desarrollo Sustentable son la economía, el medio

ambiente y la sociedad. La finalidad de su relación es que exista un desarrollo económico y social respetuoso con el medio ambiente¹

Desde la perspectiva de la prosperidad humana y según el Informe Brundtland² de 1987, la sostenibilidad consiste en satisfacer las necesidades de la actual generación sin sacrificar la capacidad de futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

La sostenibilidad es un proceso socio-ecológico caracterizado por un comportamiento en busca de un ideal común.³ Es un término ligado a la acción del ser humano en relación a su entorno, se refiere al equilibrio que existe en una especie basándose en su entorno y todos los factores o recursos que tiene para hacer posible el funcionamiento de todas sus partes, sin necesidad de dañar o sacrificar las capacidades de otro entorno.⁴ Por otra parte, sostenibilidad en términos de objetivos, significa satisfacer las necesidades de las generaciones actuales, pero sin afectar la capacidad de las futuras, y en términos operacionales, promover el progreso económico y social respetando los ecosistemas naturales y la calidad del medio ambiente.⁵

Se refiere a la capacidad de poder mantener los aspectos biológicos en su productividad y diversidad a lo largo del tiempo y, de esta manera, ocuparse por la preservación de los recursos naturales fomentando una responsabilidad consciente sobre lo ecológico y, al mismo tiempo, crecer en el desarrollo humano cuidando el ambiente donde vive. En la actualidad muchas empresas y compañías comenzaron a impulsar estos cambios

Sostenibilidad Económica

Se refiere a la capacidad de generar riqueza en forma de cantidades adecuadas, equitativas en distintos ámbitos sociales que sea una población capaz y solvente de sus problemas económicos, tanto como

fortalecer la producción y consumo en sectores de producción monetaria. En pocas palabras es un equilibrio entre el ser humano y la naturaleza para satisfacer las necesidades y no sacrificar generaciones futuras.

Sostenibilidad Política

Se refiere a redistribuir el poder político y económico, que existan reglas congruentes en el país, un gobierno seguro y establecer un marco jurídico que garantice el respeto a las personas y el ambiente, fomentando relaciones solidarias entre comunidades y regiones para mejorar su calidad de vida y reducir la dependencia de las comunidades generando estructuras democráticas.

Sostenibilidad Social

Se refiere a adoptar valores que generen comportamientos como el valor de la naturaleza, mantener niveles armónicos y satisfactorios de educación, capacitación y concienciación ofreciendo apoyo a la población de un país para superarse, mantener un buen nivel de vida, y promoviendo que se involucren estas mismas personas para crear algo nuevo en la sociedad de la que forman parte hoy en día.

Medida de la sostenibilidad

Las medidas de sostenibilidad son medidas cuantitativas que se están desarrollando para poder formular métodos de manejo ambiental. Algunas de las mejores medidas en el presente son: el triple resultado, el Índice de Desempeño Ambiental y el Índice de Sostenibilidad Ambiental.

Sostenibilidad y el ambiente

Los ecosistemas saludables proporcionan bienes y servicios a los seres humanos y a otros organismos. Hay dos formas principales de reducir el impacto humano negativo y de potenciar los servicios de los ecosistemas:

- Manejo ambiental. Esta táctica directa emplea principalmente la información obtenida de las ciencias de la tierra, ciencias ambientales y de biología de la conservación. Sin embargo, este manejo es el punto final de una serie de factores causales iniciados por el consumo humano. Otra táctica se basa en el manejo de la demanda de los recursos.
- Manejo del consumo de recursos por los seres humanos, una táctica indirecta se basa principalmente en información obtenida por las ciencias económicas.

El empleo verde a debate

El empleo en actividades relacionadas con el medio ambiente en España representa el 2,62 % de la población ocupada, con un total de 530.947 puestos de trabajo. Este es uno de los datos del informe "Empleo verde en una economía sostenible", elaborado por el Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) y la Fundación Biodiversidad dentro de una iniciativa del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino y cofinanciado por el Fondo Social Europeo, que tiene como finalidad conocer mejor las posibilidades de generación de empleo vinculadas con las actividades ambientales. El 20,6 % del total de los empleos verdes actuales se concentran en el sector de las renovables, en el que se ocupan 109.368 puestos de trabajo, cifra que solo es superada por el sector dedicado a la gestión y tratamiento de residuos, con 140.343 puestos de trabajo. El sector de las renovables es el que más ha crecido

multiplicándose por 30 el número de empleos en una década. El informe pone de manifiesto los primeros resultados que ya se están consiguiendo para consolidar la transición hacia un futuro sostenible.¹⁷

Según los cálculos del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), solo la fabricación, instalación y mantenimiento de paneles solares creará más de 6 millones de puestos de trabajo para 2030. Pero no solo las renovables nutren esta transición económica, sino todo tipo de trabajos, definiéndose en segundo lugar como factor clave la agricultura ecológica y otros que abarcan desde la albañilería y fontanería hasta las ingenierías técnicas, ya que se hará necesario que todos los sectores, redefinan sus tecnologías y contenidos al ser ya irrevocable el recorrido hacia una economía de bajas emisiones de carbón.

Sin embargo, la OIT advierte de que muchos empleos que son verdes en principio no lo son en la práctica debido al daño ambiental causado por prácticas inadecuadas. Además, las pruebas disponibles demuestran que los empleos verdes no son automáticamente trabajo decente. Muchos empleos actuales de reciclado, por ejemplo, recuperan materias primas y, por lo tanto, ayudan a aliviar la presión sobre los recursos naturales, pero el proceso utilizado muchas veces es sucio, peligroso y difícil, y provoca daños significativos en el medio ambiente y en la salud humana. El empleo suele ser precario y los ingresos son bajos.

El concepto de desarrollo sustentable se presentó por primera vez en el informe de 1987 «Nuestro futuro común», preparado para la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo. Reconocieron los vínculos entre la desigualdad, la pobreza y la degradación ambiental y buscaban un camino para un mundo más justo con menos daños al medio ambiente que apoya a las comunidades. Nuestro futuro común, o el Informe Brundtland, como también se le conoce en referencia a su

autor, estableció el concepto de desarrollo sustentable como el camino a seguir para una sociedad más justa, que cuide de sus recursos. El informe definió el desarrollo sustentable como «Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras de satisfacer sus propias necesidades».

Por lo tanto, la sustentabilidad ambiental garantiza que al satisfacer nuestras necesidades de agua, alimentos y refugio también al dedicarnos a actividades que hacen que nuestras vidas sean placenteras, incluidas actividades de ocio y entretenimiento, no causamos daños a nuestro medio ambiente ni agotamos los recursos que no podemos renovar y de esta forma cuidamos a la generaciones futuras, quienes aún no pueden defender lo que tienen y por las cuales somos responsables de brindarles las opciones para que ellos tengan una vida con las mismas o mejores oportunidades que nosotros.

Si bien muchas personas y comunidades han reconocido desde hace tiempo el daño que puede causar a nuestro medio ambiente y el de las plantas y animales con los que compartimos nuestro planeta, solo recientemente esto ha sido reconocido a nivel mundial. El aire que respiramos y nuestros ríos y océanos no reconocen los límites locales, nacionales o incluso continentales, por lo que todos debemos ocuparnos de los unos por los otros. Por ejemplo, los episodios de contaminación atmosférica en el Reino Unido a menudo empeoran por las masas de aire del continente europeo, la basura dura décadas en los océanos que viajan por el mundo en corrientes oceánicas y la contaminación.

Hay muchos proyectos medioambientales que promueven una vida sustentable a nivel amplio y pequeño, local, nacional y global, en los que podemos participar. El cuidado de la salud ambiental es crucial para

garantizar que tanto las generaciones futuras como todos podamos ser respetuosos con nuestro entorno y podamos vivir una vida saludable en un planeta saludable. Los proyectos ambientales individuales o domésticos pueden incluir llevar a cabo nuestra propia evaluación de impacto ambiental o huella ecológica para garantizar que utilizamos energía y agua de manera eficiente y asegurarnos de que nuestros alimentos, muebles y ropa sean de fuentes sustentables. Se pueden encontrar diversas calculadoras en internet para que las personas y las organizaciones conozcan la forma en que impactan y la manera en que pueden ayudar para minimizar y compensar su impacto al ambiente y ser respetuosos y responsable con las futuras generaciones.

Con el fin de ayudar a marcar la diferencia existen numerosos proyectos en marcha, que van desde campañas locales hasta nacionales, realizadas por gobiernos y por organizaciones de la sociedad civil, antes conocidas en México como ONG que tiene acciones enfocadas a playas limpias, a educar a los niños sobre la vida sustentable y empoderar a las mujeres para apoyar a sus comunidades y combatir los impactos de cambio climático.

La protección de los ecosistemas y su biodiversidad se ha convertido en un asunto de Estado, al ser México el cuarto país del mundo con mayor riqueza biológica, y en donde se ve más amenazada la biodiversidad debido a la destrucción de los ecosistemas, por lo que es un actor importante en los temas de sustentabilidad ambiental en la arena internacional. Esta condición lleva a México a enfrentar grandes retos en

todos los aspectos de la agenda ambiental, que comprende temas fundamentales como la conciliación de la protección del medio ambiente con la competitividad de los sectores productivos y con el desarrollo social, así como realizar acciones a escala nacional, que trasciendan las esferas de actuación de una sola dependencia o institución gubernamental, y que involucren la participación activa de la sociedad en su conjunto argumentan que es necesaria la implementación de la eae para avanzar en la agenda de sustentabilidad ambiental. En este sentido, la Semarnat ha reconocido desde hace más de diez años las limitaciones que tiene la eia para transitar hacia el desarrollo sustentable y ha estado explorando el esquema de incorporación de la eae. A finales del sexenio pasado, calificó a la eae como un instrumento valioso, pero complejo de llevar a cabo, debido a los factores intersectoriales que involucra, y sugirió darle continuidad en los primeros años de la presente administración, para contar con mayores condiciones para su desarrollo. En la actualidad existe suficiente experiencia internacional y un marco institucional y normativo en México robusto pero susceptible de ser adecuado en la materia, que permite configurar una propuesta acorde con las condiciones del país.

Sin duda la incorporación en la legislación de este nuevo instrumento de la política ambiental de carácter preventivo que fortalezca la eia de proyectos individuales, representa un gran reto para México. Sin embargo, también representa un área de oportunidad para avanzar más concretamente hacia la sustentabilidad ambiental que busca el país y que pone de manifiesto su incorporación en el eje 4 del pnd 2007-2012, como un criterio rector en el fomento de las actividades productivas y se aborda en acciones operativas en el psmarn 2007-2012, al reconocer la importancia de revisar la normatividad aplicable al peia para dar cabida

a la eae, y adoptar el compromiso de desarrollar metodologías y herramientas de eae.

Esta propuesta no incorpora la eae de las políticas, debido a que la experiencia que se tiene en otros países ha dejado de manifiesto que se requiere desarrollar enfoques diferentes para este nivel estratégico. Por otro lado, debido a que bajo la legislación existente en materia de planeación del desarrollo no existe tiempo material suficiente para llevar acabo la conducción de una eae del pnd o de planes, y a que la categoría de Plan queda reservada al pnd, la propuesta se enfocó en la eae de los programas sectoriales, regionales, institucionales y especiales considerados en la Ley de Planeación que puedan impactar significativamente el ambiente y los recursos naturales poniendo en riesgo la sustentabilidad ambiental del país.

Es necesario hacer hincapié en que la eae no sustituye ni suprime la necesidad de una eia a nivel de proyecto, sino que estas se complementan induciendo a la consideración de la variable ambiental de manera integral en el proceso de toma de decisiones. Por otro lado, habrá de tomarse en consideración que si bien el concepto de eae es relativamente sencillo y ampliamente reconocido como una herramienta poderosa para conducir el desarrollo por la senda de la sustentabilidad, la aplicación de una reforma como la que se plantea significa un reto considerable en el ámbito institucional y normativo, que requerirá una mayor estructuración de los procedimientos de planeación y consulta, así como cambios en la cultura política del país para su instrumentación. Las propuestas deberán evaluarse de manera más sistemática y sustentadas en criterios ambientales para determinar sus posibles efectos y los de otras alternativas viables. Si se aplican correctamente las evaluaciones, permitirán llegar a decisiones más fundamentadas que

redundarán en una mejor calidad de vida y un entorno más sustentable, ahora y para las generaciones futuras.

Hacia la década de los años sesenta algo nuevo apareció en la percepción del mundo, de los valores de la vida y los presupuestos del desarrollo. Algo que había quedado oculto, desconocido y subyugado por los regímenes políticos autoritarios, por el poder de la tecnología y por la pasión del crecimiento, irrumpe de repente en las conciencias de la gente. Emerge así una resistencia pacifista ante el desgarramiento de las guerras y el horror de los holocaustos, luchas de liberación ante la explotación y la dependencia, movimientos de emancipación frente a las desigualdades sociales y de género, una conciencia desalienadora y participativa en búsqueda de nuevos estilos de convivencia y de desarrollo.

Con estos movimientos surge una percepción de la destrucción de la naturaleza, de que algo anda mal en la concepción del progreso, en el dominio de la ciencia sobre la naturaleza, en las promesas incumplidas del desarrollo. Se va configurando una conciencia ambiental sobre los límites del crecimiento, la irracionalidad de la racionalidad económica dominante, la destrucción de las bases ecológicas de sustentabilidad del planeta, el círculo perverso de degradación ambiental y pobreza.

Todos estos problemas, concebidos como externalidades del sistema "porque los produce la economía pero no tiene los conceptos ni los instrumentos para comprenderlos ni para solucionarlos", van configurando el campo del ambiente. Éste aparece en las formas diversas de contaminación del aire y de los recursos hídricos y del suelo; de la deforestación y pérdida de biodiversidad; de la erosión, desertificación y pérdida de fertilidad de la tierra; del calentamiento

global y el enrarecimiento de la capa estratosférica del ozono; de la degradación de la calidad de vida de la gente.

La conciencia ambiental se expandió a escala mundial en los años setenta con la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente Humano, celebrada en Estocolmo en 1972. En ese momento se señalan los límites de la racionalidad económica y los desafíos que genera la degradación ambiental al proyecto civilizatorio de la modernidad. La escasez, fundante de la teoría y práctica económica, se convirtió en una escasez global. Ésta ya no es resoluble mediante el progreso técnico, por la sustitución de recursos escasos por otros más abundantes, al tiempo que los desechos y el calor generados por el crecimiento desenfrenado de la producción van saturando al ambiente, rompiendo los equilibrios ecológicos de los que depende la sustentabilidad de la vida y de la economía.

Los límites del crecimiento hacen sonar la alarma ecológica que revela los límites físicos del planeta para proseguir la marcha acumulativa de la contaminación, de la explotación de los recursos naturales y del crecimiento demográfico. Por primera vez se advierten las condiciones que impone la segunda ley de la termodinámica al crecimiento económico que se alimenta de la desorganización de los ecosistemas, la pérdida de productividad de las tierras y la transformación tecnológica de los recursos, enfrentándose a la ineluctable degradación entrópica de los procesos productivos. Es esta degradación de la energía útil lo que se manifiesta en el calentamiento global del planeta, como efecto de la creciente producción de gases invernadero y la disminución de la capacidad de absorción de dióxido de carbono debido al avance de la deforestación.