



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” .

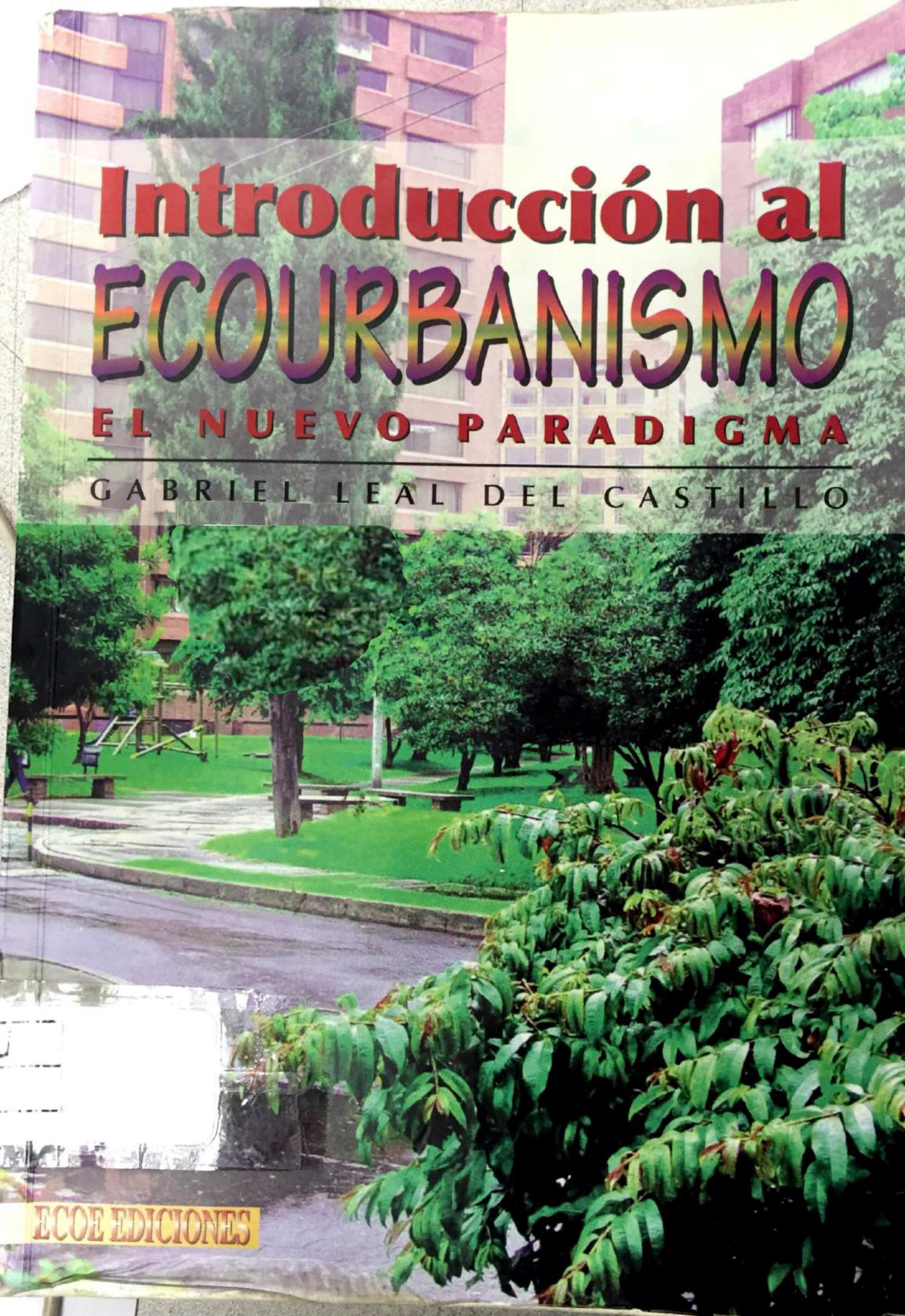
La UCI desea dejar constancia de su estricto respeto a las legislaciones relacionadas con la propiedad intelectual. Todo material digital disponible para un curso y sus estudiantes tiene fines educativos y de investigación. No media en el uso de estos materiales fines de lucro, se entiende como casos 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.



# Introducción al ECOURBANISMO

EL NUEVO PARADIGMA

GABRIEL LEAL DEL CASTILLO

ECOE EDICIONES

## Capítulo I

# *Ecosistemas y ecología urbana*

### **OBJETIVOS**

---

El objetivo del presente capítulo es presentar la ciudad como un ecosistema. Para ello se hace una aproximación a la Teoría General de Sistemas con el fin de introducir en el tema a los profanos en la materia y lograr el entendimiento de lo urbano como un sistema, compuesto por elementos que interactúan entre sí. Así mismo, desde el punto de vista ecológico, se explica el comportamiento de la ciudad como un organismo que establece conexiones con otros ecosistemas de modo que al final del capítulo el lector tendrá los elementos suficientes para entender el término eco - urbanismo.

Entender a la ciudad como un sistema o como un ecosistema y las relaciones que establece en tantos flujos de entrada y salida con otros sistemas es determinante para comprender la importancia del eco urbanismo, más allá de una moda o de una propuesta verde dentro del campo de la política, la economía o de la arquitectura. El futuro del planeta y de las generaciones por venir depende en gran medida del pacto que se haga hoy con la naturaleza. Las ciudades actuales no son sostenibles, el nuevo paradigma se basa en el respeto a la naturaleza y en la interacción del ser humano con el medio, este enfoque requiere una visión holística que trascienda el conocimiento académico especializado y socialice el saber y la experiencia, fruto esta última del contacto del hombre con la realidad.

Debido a que la lectura de la ciudad actual y de su problemática en cuanto su comportamiento ambiental se realiza desde un enfoque ecosistémico, se hace una breve introducción al tema de los sistemas, con el fin de aclarar conceptos que serán más adelante utilizados y que, en algunos casos, sirven de base a las propuestas de diversos autores.

## 1. INTRODUCCIÓN A LA TEORÍA GENERAL DE SISTEMAS<sup>1</sup>

Entre los años 40-60' la comunidad científica hizo una serie de aproximaciones en torno a un tema común, los *sistemas*, así en 1948 la obra *Cibernética* de Norbert Wiener saca a la luz pública; una nueva ciencia que estudia los sistemas, en especial los recursivos, basándose en el feedback o retroalimentación. En los años siguientes se hicieron otros aportes como la Teoría Clásica de Sistemas; la Informática y la Simulación; la Teoría de Compartimentos; la Teoría de Conjuntos; la Teoría de Gráficas; la Teoría de Redes; la Teoría de Jerarquías; la Teoría de Información y la Teoría Matemática de Juegos, propuestas por diversos investigadores. Bertalanffy (1968) identificó estas teorías y las organizó como un modelo comprensivo bajo el título de *Teoría General de Sistemas*, según las siguientes premisas:

- Hay una tendencia general hacia una integración en las várias ciencias, naturales y sociales.
- Tal integración parece centrarse en una teoría general de sistemas.
- Tal teoría puede ser un medio importante para apuntar hacia la teoría exacta en los campos no físicos de la ciencia.

<sup>1</sup> Con base en Arnold Marcelo, Ph.D. y Osorio Francisco, M.A. Departamento de Antropología. Universidad de Chile. Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. En [www.rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/moebio](http://www.rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/moebio)

- Desarrollando principios unificadores que vayan *verticalmente* por el universo de las ciencias individuales, esta teoría acerca más a la meta de la unidad de la ciencia.
- Esto puede conducir a una muy necesitada integración en la educación científica.

Los sistemas pueden ser abiertos y cerrados. La física convencional trata únicamente con sistemas cerrados, sin embargo existen otros que por su propia naturaleza y definición no lo son. Todo organismo viviente es, en esencia, un sistema abierto y en estado de homeostasis<sup>2</sup>, en el que son inaplicables las formulaciones de la física convencional; muchas de las características de los sistemas vivos que parecen paradójicos según las leyes de la física, son consecuencia de ese hecho<sup>3</sup>.

En un sentido amplio, la Teoría General de Sistemas es una forma sistemática y científica de aproximación y representación de la realidad, ofrece además una orientación hacia una forma de trabajo interdisciplinaria, caracterizada por su perspectiva holística e integradora, donde priman las relaciones y los conjuntos que a partir de ellas emergen, ofreciendo un ambiente adecuado para la interrelación y la comunicación constructiva entre especialistas y especialidades. Sus objetivos originales son:

- Impulsar el desarrollo de una terminología general que permita describir las características, funciones y comportamientos sistémicos.
- Desarrollar un conjunto de leyes aplicables a todos estos comportamientos.
- Promover la formalización de estas leyes.

Sirve como mecanismo integrador entre las ciencias naturales y las ciencias sociales y al mismo tiempo constituye un instrumento para la formación y preparación de científicos. Se fundamenta en la noción de totalidad orgánica y surge como respuesta al agotamiento e inaplicabilidad de los enfoques analítico-reduccionistas y sus principios mecánico-causales imperantes en el momento.

Bertalanffy<sup>4</sup> dice que un sistema es "*un conjunto de elementos en interacción*"; ampliando el concepto se puede afirmar que un sistema es un conjunto de elementos estrechamente relacionados que mantienen al sistema directa o indirectamente unido en forma relativamente estable, con algún tipo de objetivo. La definición de sistema implica unos procesos internos que se complementan con otros abiertos para establecer un flujo de relaciones con el ambiente, como condición para la continuidad sistémica.

<sup>2</sup> Característica de un ecosistema que resiste a los cambios y conserva un estado de equilibrio.

Esta Teoría comprende entonces dos grandes grupos de estrategias para la investigación general:

- Aquellas donde las distinciones conceptuales se basan en la relación entre el todo (sistema) y sus partes (elementos). Su cualidad esencial está dada por la interdependencia de las partes que lo integran y el orden que le subyace.
- Aquellas donde las distinciones conceptuales se basan en los procesos de frontera (sistema/ambiente). Se caracterizan por las corrientes de entrada y salida mediante las cuales se establece una relación entre el sistema y su ambiente.

Los sistemas se pueden clasificar en tres grandes grupos, como se aprecia en la Tabla 1.1

- *Según su entitividad*: pueden ser reales si presumen una existencia independiente del observador. Ideales si son construcciones simbólicas, como el caso de la lógica y las matemáticas. Modelos si corresponden a abstracciones de la realidad, combinando lo conceptual con lo característico de los objetos.
- *Con relación a su origen*: pueden ser naturales o artificiales, según sea su dependencia o no en su estructuración por parte de otros sistemas.
- *Con relación al ambiente o grado de aislamiento*: pueden ser cerrados o abiertos, según el tipo de intercambio que establecen con sus ambientes.

**Tabla 1.1 Clasificación de los sistemas**

Entitividad	Origen	Ambiente
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reales</li> <li>• Ideales</li> <li>• Modelos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Naturales</li> <li>• Artificiales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cerrados</li> <li>• Abiertos</li> </ul>

Diversos autores han propuesto enfoques para la *Teoría de Sistemas*, los cuales difieren en estilo y propósito la teoría de conjuntos (Mesarovic), la teoría de las redes (Rapoport), la teoría de la cibernética (Wiener), la teoría de la información (Shannon y Weaver) la teoría de los autómatas (Turing) y la teoría de los juegos (von Neumann), entre otras. No obstante la aplicación de distintos modelos, según la naturaleza del caso y sus criterios operacionales, algunos principios como el orden jerárquico, la diferenciación progresiva y la retroalimentación entre otros, son aplicables en general a sistemas materiales, psicológicos y socioculturales. Según Arnold y Osorio los conceptos básicos de la Teoría General de Sistemas y su definición son<sup>5</sup>:

<sup>5</sup> Arnold Marcelo, Ph.D. y Osorio Francisco, M.A. Departamento de Antropología. Universidad de Chile. Introducción a los Conceptos Básicos de la Teoría General de Sistemas. En [www.rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/moebio](http://www.rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/moebio)

- **Ambiente:** área de sucesos y condiciones que influyen sobre el comportamiento de un sistema; un sistema no puede igualarse con el ambiente y seguir conservando su identidad como sistema. La única posibilidad de relación entre un sistema y su ambiente implica la absorción selectiva de aspectos ambientales por parte del sistema. Esta selectividad respecto al ambiente disminuye la capacidad de reacción frente a los cambios externos e incide directamente en la aparición o desaparición de sistemas abiertos.
- **Atributo:** características y propiedades estructurales o funcionales que identifican a los componentes de un sistema.
- **Cibernética:** campo interdisciplinario que pretende abarcar el ámbito de los procesos de control, de comunicación y de retroalimentación, tanto en máquinas como en organismos vivientes.
- **Circularidad:** concepto cibernético referido a los procesos de autocausación (Si A causa B y B causa C, pero C causa A, A en lo esencial es autocausado).
- **Complejidad:** cantidad de elementos de un sistema, indica sus potenciales interacciones y el número de estados posibles que se producen a través de éstos. Está en proporción directa con su variedad y variabilidad, siempre es una medida comparativa<sup>6</sup>.
- **Conglomerado:** suma de las partes, de los componentes y de los atributos de un conjunto desprovista de sinergia. , es decir, es un conglomerado.
- **Elemento:** cada una de las partes o componentes de un sistema, sea un objeto o un proceso. Los elementos se pueden organizar en un modelo.
- **Energía:** la cantidad de energía que permanece en un sistema es igual a la suma de la energía importada menos la suma de la energía exportada; se comporta según la ley de la conservación de la energía.
- **Entropía:** segunda ley de la termodinámica, establece la máxima probabilidad de desorganización de los sistemas y finalmente su homogeneización con el ambiente. Los sistemas cerrados están destinados a la desorganización, aunque algunos revierten la tendencia temporalmente y aumentan su nivel de organización.
- **Equifinalidad:** desde distintas condiciones iniciales y por distintos caminos, un sistema vivo llega a un mismo estado final de permanencia en equilibrio fluyente. El proceso inverso se denomina multifinalidad, condiciones iniciales similares pueden llevar a estados finales diferentes.
- **Equilibrio:** estado que logran los sistemas abiertos de diferentes maneras, se conoce como equifinalidad y multifinalidad. Para mantener el equilibrio un

<sup>6</sup> Una versión más sofisticada de la TGS se funda en las nociones de diferencia de complejidad y variedad. Estos fenómenos han sido trabajados por la cibernética y están asociados a los postulados de R.Ashby (1984), en donde se sugiere que el número de estados posibles que puede alcanzar el ambiente es prácticamente infinito. Según esto, no habría sistema capaz de igualar tal variedad, puesto que si así fuera la identidad de ese sistema se diluiría en el ambiente.

sistema importa recursos del ambiente en forma de flujos energéticos, materiales o de información.

- *Emergencia*: descomposición de un sistema en unidades menores, correspondientes a otro sistema cualitativamente diferente. Indica cualidades y atributos que no se sustentan en las partes aisladas. Los elementos actualizan propiedades y cualidades sólo posibles en un sistema dado.
- *Estructura*: interrelaciones más o menos estables entre las partes o componentes de un sistema que pueden ser verificadas e identificadas en un determinado momento. Es primaria si se refiere a las relaciones internas y una hiperestructura si se refiere a las relaciones externas.
- *Frontera*: línea que separa al sistema de su entorno y que define lo que le pertenece y lo que queda fuera. Al ser totalidades, los sistemas son indivisibles, sus partes y componentes a su vez son totalidades. En algunos sus fronteras coinciden con discontinuidades estructurales entre estos y sus ambientes, en otros las impone el observador.
- *Función*: output o función de salida de un sistema, está destinada al mantenimiento del sistema mayor en el que se encuentra inscrito.
- *Homeostasis*: compensaciones internas que sustituyen, bloquean o complementan los cambios con el objeto de mantener la estructura sistémica, es decir, conservar su forma, opera ante variaciones de las condiciones ambientales y se refiere a los organismos vivos en tanto sistemas adaptables.
- *Información*: es la más importante corriente importada del ambiente, de que disponen los sistemas complejos, la cantidad de información que permanece en el sistema es igual a la información que existe más la que entra, su comunicación no elimina la información del emisor o fuente. (*ver negentropía*)
- *Input / Output*: conceptos directamente relacionados con los de fronteras y límites en sistemas abiertos. Los sistemas que operan bajo esta modalidad son procesadores de entradas y elaboradores de salidas.
- *Input*: importación de recursos (energía, materia, información) necesarios para iniciar el ciclo de actividades del sistema.
- *Output*: corrientes de salida de un sistema. Según su destino se dividen en servicios, funciones y retroinputs.
- *Organización*: interdependencia gradual entre las distintas partes organizadas. Existen interdependencias internas más fuertes que otras según un patrón de relaciones que define los estados posibles para un sistema determinado.
- *Modelo*: patrones diseñados por un observador para identificar y medir relaciones sistémicas complejas. Todo sistema real puede ser representado por varios modelos, según convenga a los objetivos. La esencia de los modelos es la simplificación, el más conocido de ellos es el esquema input-output.
- *Morfogénesis*: capacidad que tienen sistemas complejos como los humanos, sociales y culturales, de elaborar o modificar sus formas para seguir siendo

viables, es una retroalimentación positiva que apunta al desarrollo, crecimiento o cambio de forma, estructura y estado del sistema, en procesos de diferenciación, de especialización o de aprendizaje entre otros. Permite la adaptación de un sistema a ambientes cambiantes.

- *Morfoestasis*: proceso de intercambio ambiental característico de los sistemas vivos, tendiente a preservar o a mantener la forma, la organización o el estado dado de un sistema según principios de equilibrio, homeostasis y retroalimentación negativa.
- *Negentropía*: energía que el sistema importa del ambiente para mantener su organización y sobrevivir, ya que los sistemas vivos son capaces de conservar estados improbables de organización (capacidad de entropía).
- *Observación de segundo orden*: observación de sistemas de observadores, fundamento de la nueva cibernética.
- *Recursividad*: retroalimentación o introducción de los resultados de las operaciones de un sistema en él mismo.
- *Relación*: red estructurada bajo el esquema input/output, las relaciones entre los elementos de un sistema y su ambiente son de vital importancia en el comportamiento de sistemas vivos, son internas y externas, pueden ser recíprocas o unidireccionales. Según el tipo son de efecto recíproco, interrelaciones, de organización, de comunicación, de flujos, de prestaciones, asociaciones, de intercambio, de interdependencia, de coherencia, entre otras.
- *Retroalimentación*: proceso mediante el cual un sistema abierto recoge información sobre los efectos de sus decisiones internas en el medio y que actúa sobre las decisiones sucesivas. Puede ser negativa (si es de control) o positiva (si aumenta la amplificación), mediante este mecanismo los sistemas regulan su comportamiento de acuerdo con sus efectos reales.
- *Retroalimentación negativa*: asociada a la autorregulación, los sistemas que la utilizan se caracterizan por el mantenimiento de determinados objetivos. En los sistemas mecánicos los objetivos quedan instalados por un sistema externo (el hombre u otra máquina).
- *Retroalimentación positiva*: indica una cadena cerrada de relaciones causales en donde la variación de uno de sus componentes se propaga en otros del sistema, reforzando la variación inicial y propiciando un comportamiento caracterizado por autorreforzamiento de las variaciones. Se asocia con los fenómenos de crecimiento y diferenciación; si el sistema se mantiene pero se modifican sus metas/fines es positiva y se aplica la relación desviación-amplificación.
- *Retroinput*: retroalimentación o salidas del sistema dirigidas al mismo sistema. En los sistemas humanos y sociales corresponde a los procesos de autorreflexión.
- *Servicio*: output, salidas, de un sistema que van a servir de input o insumo de otros sistemas o subsistemas equivalentes.
- *Sinergia*: propiedad común a todas aquellas cosas que se observan como siste-

mas, es un fenómeno que surge de las interacciones entre las partes o componentes de un sistema. Todo sistema es sinérgico en tanto el examen de sus partes en forma aislada no puede explicar o predecir su comportamiento<sup>7</sup>.

- *Sistemas (dinámica de)*: metodología para la modelación de sistemas sociales, establece procedimientos y técnicas para el uso de lenguajes formalizados, considerando como tales a los sistemas socioeconómicos, sociológicos y psicológicos, pudiendo aplicarse también sus técnicas a sistemas ecológicos. Comprende los siguientes pasos:
  - Observación del comportamiento de un sistema real.
  - Identificación de los componentes y procesos fundamentales del mismo.
  - Identificación de las estructuras de retroalimentación que permiten explicar su comportamiento.
  - Construcción de un modelo formalizado sobre la base de la cuantificación de los atributos y sus relaciones.
  - Introducción del modelo en un computador.
  - Trabajo del modelo como modelo de simulación.
- *Sistemas abiertos*: aquellos que importan y procesan elementos (energía, materia, información) de sus ambientes, son característicos de todos los sistemas vivos. Establecen intercambios permanentes con su ambiente, que determinan su equilibrio, su capacidad reproductiva o continuidad, es decir, implican su viabilidad. Sus propiedades son la entropía negativa, la teleología, la morfogénesis y la equifinalidad.
- *Sistemas cerrados*: aquellos donde ningún elemento externo entra y ninguno sale fuera del sistema, alcanzan su estado máximo de equilibrio al igualarse con el medio. También son los que se comportan de una manera fija, rítmica o sin variaciones, como los circuitos cerrados.
- *Sistemas cibernéticos*: aquellos que disponen de dispositivos internos de auto-comando que reaccionan ante cambios en el ambiente y elaboran respuestas variables que contribuyen al cumplimiento de los fines instalados en el sistema.
- *Sistemas triviales*: son de comportamiento altamente predecible y responden con un mismo output cuando reciben el input correspondiente, es decir, no modifican su comportamiento con la experiencia.
- *Subsistema*: conjunto de elementos y relaciones que responden a estructuras y funciones especializadas dentro de un sistema mayor, tienen las mismas propiedades que los sistemas y su delimitación es relativa al observador. Pueden ser subsistemas, sistemas o supersistemas, en tanto presenten las mismas características sistémicas.

<sup>7</sup> Postulado aristotélico según el cual "el todo es más que la suma de sus partes".

- *Teleología*: explicación con base en las causas finales, contrario al causalismo o al mecanicismo.
- *Variabilidad*: máximo de relaciones hipotéticamente posibles ( $n!$ ).
- *Variedad*: número de elementos discretos en un sistema ( $v$  = cantidad de elementos).
- *Viabilidad*: capacidad de sobrevivencia y adaptación de un sistema a un medio en cambio.

En la tabla 1.2 se presenta un resumen de los conceptos básicos de sistemas y de los conceptos asociados con los cuales guardan estrecha relación.

El concepto de sistema como conjunto de objetos formado por estos mismos, por sus relaciones y sus atributos, que están interconectados y se comportan como un todo unitario, aplicado a la ecología. La ciencia que estudia las relaciones existentes entre los seres vivos y el medio en el que viven, se denomina ecosistema.

La interrelación compleja entre el medio, la naturaleza y el ecosistema conforma un sistema de sistemas conectados e interdependientes. El ecosistema es un sistema conformado por seres vivos y por elementos no vivos que interactúan entre sí, de forma que conforman una organización ecológica caracterizada por el intercambio continuo de materia, energía e información entre todas sus partes y de éstas con el exterior, además es una unidad espacial y un nivel de organización de la materia.

En un sentido amplio, los ecosistemas engloban el sistema social, de modo que el medio no sólo es el aspecto físico del sistema sino el medio social y el natural en un enfoque integrado y sistémico.

Los ecosistemas son entidades naturales constituidas por estructuras y una variedad de relaciones establecidas entre las comunidades bióticas (plantas, animales y microorganismos) entre sí y con el medio ambiente abiótico. Se caracterizan por un origen o por un proceso dinámico común. No ocupan un territorio determinado y su extensión no tiene límites precisos, aunque en ocasiones los vínculos y los elementos que los constituyen pueden tener una localización específica. Se han definido ocho ecosistemas o biomas en el mundo que forman grandes sistemas naturales, como el *bosque templado*, el *bosque lluvioso tropical*, el *desierto*, la *pradera*, la *tundra*, la *taiga*, el *chaparral* y el *océano*. Cada uno es muy diferente de los otros debido a que las cantidades de luz solar, la lluvia y la temperatura son muy diferentes, por esto en cada uno habitan plantas y animales especiales que se han adaptado a sus condiciones particulares.

**Tabla 1.2 Conceptos asociados con los conceptos básicos de sistemas**

Concepto básico	Concepto asociado
Ambiente	Complejidad, sistemas abiertos
Atributo	
Cibernética	Retroalimentación
Circularidad	Cibernética, retroalimentación, morfostásis, morfogénesis
Complejidad	Variación, variabilidad, cibernética,
Conglomerado	Atributos, sinergia
Elemento	Modelo
Energía	Entropía, negentropía
Entropía	Negentropía, información
Equifinalidad	
Equilibrio	
Emergencia	
Estructura	
Frontera	Sinergia, subsistema, emergencia, modelo
Función	Output
Homeostasis	Sistemas cibernéticos
Información	
Input/ output	Fronteras, límites, energía, información
Organización	Variabilidad
Modelo	
Morfogénesis	Retroalimentación positiva, circularidad
Morfostasis	Equilibrio, homeostasis, retroalimentación negativa
Negentropía	Entropía
Observación	
Recursividad	Retroalimentación
Relación	Circularidad,
Retroalimentación	Circularidad, homeostasis, morfogénesis
Retroinput	Retroalimentación
Servicio	
Sinergia	Conglomerado, teleología
Sistemas	
Sistemas abiertos	Energía, información, entropía negativa, teleología, morfogénesis, equifinalidad
Sistemas cerrados	Entropía, equilibrio
Sistemas cibernéticos	Retroalimentación, homeostasis
Sistemas triviales	
Subsistema	Sinergia
Teleología	
Variabilidad	
Variación	
Viabilidad	Morfostásis, morfogénesis

Una característica fundamental de los ecosistemas es que se trata de sistemas abiertos que intercambian materiales y energía del ambiente exterior, esenciales para mantener el orden cíclico de su supervivencia y para regenerar la calidad de la materia que consumen. Un ecosistema puede describirse por la entrada y salida de materia y energía, la materia se conserva y circula constantemente en todo el ecosistema, mientras que la energía lo hace en forma de un flujo que se degrada; estos flujos energéticos mueven los ciclos de materia a través del ecosistema para autorregularlo y disminuir las inclemencias exteriores.

Los sistemas abiertos dependen de los aportes de materia, de energía y de la provisión de información organizada. Cuanta mayor información asimila el entorno mayor complejidad, las demandas energéticas son inversamente proporcionales al grado de sencillez del ecosistema, así, un sistema sencillo demandará más energía que uno complejo.

En los procesos de construcción, mantenimiento y cambio de los propios sistemas, la demanda de energía es mínima, mientras los sistemas cerrados, que no tienen aportes externos, realizan procesos irreversibles y toda forma de energía y materia se degrada hacia formas de menor calidad que luego se disipan como residuos y calor.

Con base en la ecología y según los principios básicos de la *Teoría de Sistemas y la Cibernética*, se han formulado los siguientes principios de sostenibilidad:

- Todos los procesos y fenómenos, incluso los que parecen independientes, están vinculados de alguna manera entre sí, de modo que la intervención sobre alguno de ellos tiene efectos en todos los demás.
- Todos los procesos y fenómenos dinámicos se desarrollan entre umbrales mínimos y máximos, cualquier actuación por encima o por debajo del umbral produce un efecto contrario en el desarrollo.
- A mayor diversidad y riqueza de un sistema y a mayor cantidad y complejidad de interrelaciones entre todos sus elementos, más posibilidades de transformación y de adaptación tendrá frente a los cambios externos y por consiguiente, más oportunidades de supervivencia.
- En un sistema cerrado, sin aportaciones del exterior, no hay procesos reversibles y toda forma de materia y energía tiende a degradarse hacia formas de menor calidad, disipándose en la forma de residuos menos complejos y calor.
- El planeta tierra es un sistema abierto cuyo único aporte energético exterior es del sol, que hace posible la vida y le permite reversar ciertos ciclos para mantener el equilibrio de la biosfera. Su aporte se mide en tiempo solar, así que muchos procesos de degradación son irreversibles desde la escala temporal humana.

- De la energía solar derivan todas las formas de energía altamente concentrada, a ella están asociadas dimensiones temporales muy superiores a las humanas, ya sea en su formación (combustibles fósiles) o en la vida de los residuos producidos (fisión y fusión nuclear).
- La tierra es un sistema cerrado en cuanto a flujo de materiales, por lo tanto todos los materiales existentes en la tierra y que son utilizados como recursos son finitos e irremplazables. En este sentido, no es posible hablar de producción sino de extracción y de transformación y están asociados a intercambios energéticos de origen solar.
- La supervivencia de cualquier forma de vida depende del equilibrio dinámico u homeostático, que permite la autorregulación de los sistemas mediante mecanismos de autocorrección y de retroalimentación. Toda forma de vida, incluida la especie humana, ocupa una determinada franja de supervivencia, limitada por umbrales mínimos y máximos, al introducir factores de desequilibrio en la biosfera se ponen en peligro las condiciones de vida en el sistema, incluida la especie humana.
- En la naturaleza nada crece indefinidamente, cuando se alcanzan umbrales máximos se produce el colapso y la degradación; los componentes degradados pasan a formar parte de nuevos procesos de desarrollo.
- El concepto de desarrollo está ligado al de ciclo, los residuos de un proceso se convierten en la materia prima de otros, como parte del dinámico que permite la autorregulación y la retroalimentación de todo el sistema.

La ciudad es un ecosistema inmerso en otros, que son subsistemas de un ecosistema global abierto, conocido como la biosfera. Su funcionamiento requiere el aporte continuo de recursos renovables y no renovables y genera grandes cantidades de residuos que no se reciclan, transforma gran cantidad de materia, energía e información. Al enviar al exterior gran cantidad de energía no aprovechable en forma de gases y calor aumenta el nivel de entropía del entorno. Desde la óptica sistémica los asentamientos humanos son estructuras disipativas.

Dado que el impacto causado al ambiente trasciende a todos los aspectos de la vida del ser humano, también las ciencias sociales han generado un pensamiento al respecto y han elaborado algunos principios de sostenibilidad, citados por Verdaguer<sup>8</sup> que se presentan a continuación:

- El bienestar humano está ligado a la salud del ecosistema del cual forma parte: no se puede concebir la sociedad humana separada de la naturaleza, pues esta

<sup>8</sup> Verdaguer Viana-Cárdenas Carlos, Arquitecto Urbanista. La Ciudad Sostenible. Seminario del CENEAM (Centro Nacional de Estudios Ambientales). Valsaín, España, 24, 25 y 26 de Abril de 2000. Desarrollo urbano y sostenibilidad. 2003-05-13.

relación es una realidad biológica. El carácter fundamentalmente *relacional* del concepto de sostenibilidad es la clave del pensamiento ecológico. De acuerdo con este principio todos los procesos y fenómenos mantienen vínculos de diverso orden entre sí, la intervención en uno de ellos desencadena efectos en todos los demás, por lo que es conveniente prever al máximo las diversas cadenas de acontecimientos deseables y no deseables que pueden desarrollarse a partir de una intervención determinada.

- La injusticia y los desequilibrios sociales son a la vez causa y efecto de los problemas ambientales: la distribución de los recursos y de las obligaciones debe ser equitativa, de lo contrario la explotación, la desigualdad y la pobreza se constituirían en problemas ecológicos graves, generando diversos impactos ambientales y haciendo insostenibles los reductos de riqueza.

Es de anotar que en lo internacional el 20% más pobre de la población mundial sólo participa del 0.2% de los préstamos, del 1.3% de la inversión, del 1.4% de los ingresos, y del 1.0% del comercio internacional<sup>9</sup>. Como no tienen acceso al crédito deben recurrir entonces a prestamistas o al sector informal para satisfacer sus necesidades.

El mayor desarrollo económico contribuye a ampliar la brecha entre ricos y pobres. La peor disparidad a nivel nacional la presenta Brasil, donde el 20% más rico tiene un ingreso *per cápita* 26 veces mayor que el 20% más pobre. A nivel internacional la disparidad se dobló en los últimos 30 años y es 150 veces mayor; el 20% más rico de la población mundial recibe el 82,7% de los ingresos totales, mientras que el 20% más pobre sólo recibe el 1,4%<sup>10</sup>, en una muestra de desequilibrio absoluto.

El desarrollo, en tanto proceso conflictivo de construcción social, tiene por objeto mejorar las condiciones de vida de las personas, sin embargo la pobreza internacional surge como una fuerte amenaza para el entorno y la vida del hombre. Los nichos ecológicos están ocupados por los pobres: 80% en América Latina, 60% en Asia y 50% en África<sup>11</sup>, sobreutilizan las tierras marginales para proveerse de combustible y hacer agricultura de subsistencia. La única alternativa para estas sociedades es el crecimiento, de modo que las pretensiones de los sectores más opulentos de hacer recaer las cargas ecológicas sobre los países y sectores desfavorecidos sólo agrava los conflictos y los desequilibrios.

- El consumo de recursos no es sinónimo de calidad de vida: se debe distinguir entre necesidades y medios para satisfacerlas o satisfactores, teniendo en cuenta que algunas necesidades pueden ser satisfechas por un mismo medio.

<sup>9</sup> PNUD, Desarrollo Humano: Informe 1992. Bogotá, Ediciones Tercer Mundo, 1992, p.22.

<sup>10</sup> PNUD, op. cit. p.21.

<sup>11</sup> PNUD, op.cit. p.20.

Hay que tomar en cuenta que los anhelos de prosperidad del ser humano lo llevan a consumir más; todo nuevo habitante en el mundo genera un impacto ambiental; se ha establecido que a mayores aspiraciones económicas, mayores impactos se generarán sobre el medio y el entorno.

La idea de bienestar humano debe estar ligada con las de equidad y solidaridad, tanto con los demás seres humanos como con las generaciones futuras.

- Principio de prevención o evitación. Este principio involucra la idea de prudencia en cuanto al uso de recursos energéticos escasos y materiales no renovables, la forma más eficaz de utilizarlos es no usarlos a menos que sea imprescindible. De otra parte, cuando no se tiene certeza del impacto de un determinado proceso es mejor no realizarlo.

La Evaluación de Impacto Ambiental es una poderosa herramienta para la preservación del medio ambiente, en un amplio proceso de toma de decisiones sobre la conveniencia o no de la ejecución de un determinado proyecto. Las EIA-, son un "procedimiento jurídico administrativo cuyo objeto es la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos". Estos estudios se presentan a las autoridades ambientales correspondientes, para su aceptación, modificación o rechazo.

Estas evaluaciones se enfocan según el momento decisorio en el cual se involucran en el proyecto. Son reactivas si se incluyen en un proyecto que ya ha sido decidido, son semiadaptativas cuando la decisión de ejecutar un proyecto no previsto con anterioridad, se da luego de efectuar la EIA. Son adaptativas cuando se hacen sobre un proyecto que está involucrado en un plan con anterioridad y la decisión o no de ejecutarlo se toma luego de analizar los aspectos positivos o negativos resultantes de la EIA de acuerdo con la información contenida en el plan; esta es la situación óptima.

- Los problemas deben solucionarse en nivel más bajo o en la escala más próxima al origen: este principio de subsidiariedad indica que todo problema o conjunto de problemas tiene una escala óptima de observación, no necesariamente coincidente con el ámbito adecuado para su resolución. Mediante este criterio se abordan de forma dialéctica las contradicciones entre procesos globales y locales, se identifican solapamientos, conexiones y líneas de ruptura y permite establecer prioridades y jerarquías.
- Considerar los procesos en toda su secuencia. En el ámbito de la producción de objetos, es importante el llamado análisis mina-vertedero, o de la cuna a la tumba, para comparar la carga ambiental de diferentes procesos que persiguen

finés similares. Acorde con los principios de prevención y de ciclo mencionados, los residuos de un proceso pueden ser utilizados como materia prima para iniciar otro proceso. Este concepto tiene especial importancia desde el análisis económico y de costos ambientales asociados a un determinado proceso.

Las políticas orientadas al producto aportan mejores resultados medioambientales bajo la premisa de que la mejor manera de prevenir la contaminación es no generarla, es decir, reducir la contaminación en la fuente. Sirven también de base para la expansión de nuevas actividades económicas y mejoran la competitividad social de las políticas de producción, íntimamente ligadas a los principios fundamentales de minimización de residuos y se basan en los siguientes criterios:

- El desarrollo sostenible requiere, entre otros, del uso más eficiente de materias primas y la reducción en la generación de residuos.
- La producción limpia requiere la aplicación de estrategias medioambientales preventivas para procesos y productos, así como la reducción de riesgos para el ambiente y los consumidores.
- Análisis del ciclo vital, cuyo objetivo es reducir los impactos ambientales del producto o del proyecto desde la extracción de materia prima hasta su disposición final. Estas etapas se resumen en las siguientes:
  - Extracción/cultivo
  - Refinamiento
  - Proceso
  - Manufactura
  - Degradación
  - Dispersión

El reciclado es una acción correctiva al final del ciclo vital del producto, mientras que el ecodiseño tiene en cuenta consideraciones ambientales que aportan beneficios sobre otros campos como:

- El incremento en la eficiencia.
- Mejora de las condiciones de trabajo.
- Disminución de residuos y emisiones.
- Mejoras en los procesos de reciclado.

Existen otros beneficios como la integración plena de criterios ambientales en el diseño del producto que involucran requisitos fundamentales para el correcto manejo ambiental:

- El conocimiento técnico de los materiales, las herramientas y las técnicas
- El desarrollo, la producción y el uso de artículos y bienes limpios por parte de la industria y la administración pública.

Las políticas enfocadas al producto tienen una relación directa con el concepto de desarrollo sostenible, pues al no centrarse en el final del producto sino en su ciclo vital, está considerando la selección, distribución y uso apropiado de los recursos por parte de las generaciones presentes, sin agotar los recursos para las generaciones futuras.

Un producto durable es un producto que no requiere el uso continuo de recursos para fabricar más unidades del mismo pues su ciclo vital es prolongado. La durabilidad es un factor que aumenta la vida del producto, contribuye a la conservación de recursos y protege el medio ambiente reduciendo los costos de tratamiento de residuos, contrario a los productos desechables.

Las políticas del producto orientadas a la sostenibilidad se centran en dos aspectos fundamentales:

- a. Reducción de residuos mediante la disminución del volumen de producto fabricado.
  - b. Reducción de la cantidad y naturaleza peligrosa de las materias primas utilizadas en la fabricación.
- El principio de *sinergia* es consustancial a la perspectiva de la sostenibilidad: la *multifuncionalidad*, la *versatilidad*, la *flexibilidad* y la *multidisciplinariedad*, ofrecen mayores oportunidades de sostenibilidad que la rigidez y la superespecialización en el momento de abordar problemas complejos. Una solución será más sostenible cuantos más problemas resuelva simultáneamente.
  - El conocimiento y la experiencia son recursos fundamentales: la sustitución generalizada de flujos de materiales por flujos de información y el énfasis en los procesos de difusión, coordinación y planificación puede permitir un mejor aprovechamiento de los recursos materiales y energéticos en todos los órdenes.
  - La sustitución de procesos basados en el uso intensivo de recursos energéticos y materiales por otros más enfocados hacia el uso de recursos humanos, considerando la energía humana como la energía renovable por excelencia, puede constituir en muchos casos la solución más innovadora y sostenible.
  - El principio de participación es un principio transversal que compete a todos los diversos agentes y usuarios afectados por un determinado proceso. A mayor número de implicados mayor conocimiento sobre el tema se tendrá, evitando así posibles conflictos derivados del proceso<sup>12</sup>.

Los procesos de planificación a cualquier escala de resolución territorial que se adelanten, deben ser consultados con la comunidad, las organizaciones de base

<sup>12</sup> Verdaguer, Op.Cit

y todas las organizaciones sociales y ONG's con asiento en el territorio. Es importante que la comunidad sea cogestora de su propio desarrollo y se apropie del plan propuesto, la consulta con la comunidad debe abarcar a todos los actores sociales involucrados y conocer sus intereses y recoger la experiencia popular sobre los temas objetivo generando un proceso de retroalimentación.

En igual sentido, es necesario conformar equipos interdisciplinarios con el fin de lograr un diálogo de saberes, toda vez que la interacción entre los diferentes sistemas es compleja y no puede ya ser manejada por un solo especialista. Es importante que la información que existe diseminada entre especialistas, expertos y entidades se comparta y se difunda.

Lo sostenible se basa en los principios ecológicos y sociales entendiendo que el ser humano es parte de la naturaleza y en consecuencia si se amenaza la integridad del ecosistema, se amenaza la permanencia del hombre sobre la tierra. Es imprescindible acordar un adecuado sistema de gestión que permita aprovechar los recursos naturales limitados y adoptar formas de organización social solidarias entre las diversas sociedades y con las generaciones futuras.

## 2. URBANISMO Y ECOLOGÍA

Este apartado se basa en la exposición del informe sobre ecología urbana y gestión territorial sostenible<sup>13</sup>. De acuerdo con sus autores, las ciudades son organismos cuyas conexiones se extienden por todo el planeta<sup>14</sup> y su funcionamiento se debe entender en términos de intercambios de materia, de energía y de información, un consumo de recursos mayor a los ingresos produce una reducción del capital natural y el vertido de residuos afecta la calidad del entorno.

Las ciudades están habitadas por la especie humana, conocida como especie constructora al igual que las hormigas o las abejas entre otras y al igual que los árboles en el reino vegetal. Estas especies construyen grandes estructuras muertas para dominar el medio. La estructura de las ciudades está concebida como un metabolismo complejo que se relaciona horizontal y verticalmente para obtener los recursos naturales necesarios para su sustento y luego transformarlos en objetos artificiales.

<sup>13</sup> Op.cit

<sup>14</sup> Girardot H. *The Gaia of Cities. New directions for sustainable urban living*. Gaia Books Limited, London

El estudio del comportamiento de las ciudades debe hacerse en términos de entropía, pues se encuentran condicionadas por la información del medio y la información propia producida durante el proceso de degradación y regeneración, acorde con el principio sistémico de emergencia. Por tratarse de sistemas abiertos su capacidad de reproducción, de transformación y de evolución están condicionadas y dependen de su capacidad de intercambio de energía, de materia y de información.

Los ecosistemas urbanos presentan tres características importantes:

- El volumen de energía externa a los organismos vivos que hace funcionar el sistema.
- La movilidad horizontal que permite explotar ecosistemas alejados.
- La existencia de instrumentos de cultura y de información.

Los seres vivos obtienen su energía interior (endosomática) a partir de productos agrícolas y forestales, sector primario localizado en las periferias de las ciudades y a veces a grandes distancias; esto hace que las ciudades dependan de otras partes del territorio y, en consecuencia, amplíen su zona de influencia, conocida como huella ecológica. Los sistemas urbanos dependen de la energía externa (exosomática), utilizada en la construcción de infraestructuras, edificios y en la prestación de servicios.

Esta energía se obtiene de la explotación de recursos energéticos y materiales no renovables, principalmente. Debido a que en términos generales las fuentes se encuentran alejadas de las ciudades, recursos como el agua, la electricidad, los alimentos o los combustibles hacen grandes recorridos antes de ser consumidos o procesados para su consumo posterior, en el mismo sistema o para ser exportados a otros sistemas urbanos.

El aspecto que más incide en el consumo de recursos es el diseño espacializado y funcionalista de las ciudades. Debido a la segregación espacial el funcionamiento de las ciudades está condicionado a la planificación de los sistemas de transporte.

Como se estableció anteriormente, el nivel de entropía de un sistema es fundamental en el intercambio de materia, energía e información y en la generación de residuos; altos niveles de entropía y bajos niveles de organización desperdician recursos. En consecuencia, entre más compactos y más diversos sean los sistemas urbanos, más entropía recuperan, consumen menos energía y son más eficientes, mientras que los espacios muy especializados tienden a la obsolescencia.

Los procesos de transformación de los ecosistemas urbanos son lentos especialmente en las ciudades con alguna tradición histórica, aunque su diversidad es mayor; en estos tejidos los subsistemas degradados se constituyen en barreras y se excluyen del tejido mayor. Por el contrario, en los espacios nuevos debe procu-

rarse la diversificación de actividades, aprovechando su capacidad de recepción de información, con usos como la vivienda, la industria o los servicios financieros entre otros.

Concluye este informe diciendo que, *"la acción de transformación ha de concebir la búsqueda de la calidad, incluso de las partes más mínimas. Lo contrario es el despilfarro actual del espacio, que ofrece espacios atractivos limitados, espacios que suelen coincidir con zonas reducidas de una gran complejidad o bien espacios para hacer una función única, pero que la presencia deja de tener sentido cuando la función se ha realizado"*.

No se puede hablar de ecología urbana o de ecourbanismo involucrando únicamente a los arquitectos y a los urbanistas. El hecho urbano tiene múltiples actores y multiplicidad de intereses, sin embargo, cayendo en el atractivo facilista del reduccionismo puede afirmarse que el principal interés lo constituye el modelo económico de desarrollo imperante, basado en la explotación irracional de los recursos y que los principales actores son los integrantes del mercado, es decir, quienes venden algo y quiénes lo compran.

Los menos implicados entonces en la problemática serían los profesionales de la arquitectura o del urbanismo. Estos especialistas se limitan a dar una respuesta, formal los unos y legal los otros, a una dinámica de mercado de bienes inmuebles. No se trata de exonerar de responsabilidad a los responsables de la planeación y construcción de ciudades. Se trata simplemente de hacer notar que no son estas disciplinas las encargadas de cambiar el funcionamiento de la ciudad, se trata de la participación de todos pues la construcción de la ciudad en un colectivo social, donde toda persona participa con dos roles, uno como ciudadano y el otro como interesado en mantener las reglas del modelo, pues es de allí de donde deriva su sustento.

Los menos interesados en que se acorten las distancias, en que se reduzcan las vías vehiculares, en que se fomente la ciudad peatonal y en que se privilegie el transporte público son los fabricantes de vehículos; en igual sentido los menos interesados en que se construya menos y se reciclen más construcciones son los arquitectos e ingenieros. El problema de la sostenibilidad de las ciudades es de modelo y de cambio de actitud.

En palabras de Verdaguer<sup>15</sup>: *"Lo cierto es que si... hacemos sumario de la nuevas tareas que proponemos a los arquitectos y urbanistas que estén dispuestos a asumir el paradigma ecológico, hemos de reconocer que el pano-*

<sup>15</sup> El paisaje construido: una perspectiva ecológica. Conferencia pronunciada en Las Palmas de Gran Canaria para la *Real Sociedad Económica de Amigos del País de Gran Canaria* el 19 de abril de 2001 dentro de un *Ciclo de conferencias sobre Ecología* celebrado entre noviembre de 2000 y abril de 2001.

rama que se les presenta aparenta ser en primera instancia un tanto desolador y, por así decirlo, carente por completo de glamour, a saber: limitar al mínimo las construcciones ex-novo; someterse a los dictados del clima y del lugar; ponerse al servicio de los ciudadanos; y relegar al plano de lo subyacente las indagaciones formales".

Debido a que la evidencia y la coherencia ecológica de la sostenibilidad no admite ningún análisis en contra, es comprensible que esta idea sea recibida con hostilidad por las dos más grandes industrias de producción y de utilización y despilfarro de espacio, como son la industria automovilística y la industria inmobiliaria, así como todos quienes dependen de éstas.

### 3. ANÁLISIS ECOSISTÉMICO URBANO

El análisis eco sistémico de la ciudad significa aplicar en forma táctica ciertos conceptos básicos de ecología al sistema urbano, toda vez que los modelos generales y las leyes generales de la ecología se cumplen en todos los ecosistemas, en especial en los ecosistemas humanos a los cuales se aplica el concepto de sucesión de evolución.

Los ecosistemas se comportan según las leyes de la termodinámica<sup>16</sup> que estudia el calor y lo define como energía en tránsito, de modo que la termodinámica es el estudio de los flujos de energía, los cuales determinan todo el universo hasta donde se ha avanzado en el conocimiento, por lo que no es aventurado asegurar que la ciencia que estudia los flujos de energía es realmente la ciencia madre de todas las ciencias.

La termodinámica se rige por tres leyes, la primera se conoce como *ley cero* y define el calor; la *ley uno* o de conservación de la energía y la *ley dos* o ley de la entropía.

Según los postulados de la *ley cero* la energía fluye espontáneamente de los estados y lugares de mayor concentración a los estados y lugares de menor concentración (convección) y tiende espontáneamente a disiparse e igualarse. Significa que al eliminar el aislamiento entre un compartimiento con alta concentración de energía y uno de baja concentración de energía, ésta fluye espontáneamente en esa dirección indicando el curso espontáneo de los eventos del universo, qué es lo más probable y qué lo más improbable en el horizonte de sucesos. Todos los eventos en su curso normal siguen esa línea y se explican por la tendencia de la energía a transmitirse, disiparse o igualarse.

<sup>16</sup> Segunda ley de Newton.

En ecología, cuando existe un ecosistema, una concentración de recursos o una concentración de energía especialmente, todos los demás factores, procesos y compartimentos, compiten y se transforman para conectarse a esa fuente, es decir, se dirigen hacia donde hay abundancia y compiten constantemente por conectarse a esas acumulaciones. El desarrollo, la evolución y las transformaciones de los ecosistemas, incluidos los sistemas urbanos, son en realidad una competencia y una lucha entre ecosistemas vivos que están evolucionando y transformándose para conectarse a diversas fuentes de recursos como mecanismo de supervivencia y evolución, pues todos tratan de acumular y tener reservas, que es la única forma de regularse y de estabilizarse en busca de un estado de homeostasis.

Ejemplos claros de este principio son una acumulación de agua, en torno a la que se construye una población, una acumulación de nutrientes en el suelo que atrae una gran cantidad de cultivadores que desean aprovechar la fertilidad particular de ese lugar, un pozo petrolífero o un yacimiento de minerales que generan competencia para conectarse a ellos y explotarlos.

La segunda ley o *ley uno*, es la ley de conservación de la energía, según la cual nada se crea, nada se destruye, sólo se transforma. Esta ley es vital en ecología ya que la cantidad total de energía al principio de una transformación es igual a la cantidad de energía al final de cualquier transformación o de cualquier evento, de modo que toda la energía que entra al sistema sale del sistema. En la naturaleza la cantidad de energía proveniente del sol se transforma no sólo en energía radiante sino en energía química en procesos como la fotosíntesis, en formas de alimento o en forma de calor desprendido por los procesos metabólicos de los seres vivos, sin embargo, al final la sumatoria de todas las diferentes manifestaciones de la energía es igual a la cantidad de energía que llegó en un determinado momento y en determinado lugar.

La energía que no sale se ha utilizado en crecimiento y reproducción. El crecimiento es el aumento de tamaño y de complejidad del sistema, si un ecosistema restituye todo lo que entra no puede acumular y en consecuencia no puede mejorar su propia organización para desarrollarse, complejizar sus estructuras y diferenciar sus funciones. Al no tener cambios cualitativos no desarrolla estructuras nuevas ni funciones nuevas y si tampoco tiene cambios cuantitativos simplemente se sostiene, por ello algunos sistemas crecen hasta cierto punto mientras que otros tienen un desarrollo mayor. En el ámbito de los sistemas urbanos esta situación se refleja en el crecimiento desigual de las ciudades, algunas crecen constantemente mientras que otras lo hacen hasta el momento en que las entradas y las salidas llegan a un punto de equilibrio, es decir se estanca su desarrollo.

La diferencia de crecimiento se debe a dos razones, si hay muchas entradas es más fácil generar excedentes y acumular reservas; si el entorno es pobre en

suministros y la oferta ambiental y energética es baja los sistemas crecen poco. No obstante es posible que el entorno de un ecosistema sea muy rico en recursos, pero sus salidas sean excesivas; un sistema estático pierde menos calor que un sistema dinámico, todos los factores tensionantes del sistema le ocasionan gastos metabólicos importantes, por consiguiente no crece, no se desarrolla y no se reproduce tanto como lo haría si estuviera en un régimen más favorable.

El análisis ecológico se basa en determinar cuales son las entradas y las salidas, se debe saber en que momento, en que punto y en que forma el sistema genera los excedentes necesarios para crecer y reproducirse.

El ecosistema urbano crece y se reproduce, los subsistemas que lo componen y compiten dentro de él también crecen y se reproducen, los barrios, los servicios y las industrias entre otros, se reproducen y crecen. Igual ocurre en el sector rural, las fincas se reproducen si las condiciones del lugar son favorables. Con la ampliación de la frontera agrícola se abren frentes de colonización, un número de familias campesinas sin tierra talan los árboles y establecen sus fincas, se asientan y construyen una estructura que trata de reproducir toda su información cultural y convertirla en paisaje. Éstos ayudan a establecerse a otras familias, sus hijos se reproducen y con el tiempo crean una vereda que eventualmente puede convertirse en un municipio.

No siempre el sistema logra desarrollarse, a veces el tejido social no se concreta y ese sistema económico no sale adelante, es posible que las entradas sean pocas debido a su pobreza, puede también que las salidas pueden sean grandes o que la información del sistema no le permite captar las entradas de ese ambiente. Esta situación se presenta cuando grupos poblacionales que llegan a un ambiente desconocido no saben aprovechar su potencial y la información del sistema no les permite controlar las pérdidas o no disponen de sistemas de saneamiento para evitar las enfermedades y la mortandad.

Los sistemas con mayor capacidad de transformación del entorno son los que más crecen y los que más se reproducen pues son los que más generan excedentes, los entornos con mayor capacidad de transformación son aquellos que tienen mejores balances termodinámicos y más saldos para crecimiento y reproducción.

La *ley dos*, o ley de la termodinámica es una de las más complejas. En toda transacción energética la cantidad de energía útil disminuye y la cantidad de entropía<sup>17</sup> aumenta, la porción de energía que se disipa se pierde como calor.

---

<sup>17</sup> La entropía es una medida del desorden.

Cuando los elementos de un ecosistema o la cantidad de flujos que se establecen cuando se consumen uno al otro, la energía que fluye entre ellos no es completa, una parte se consume en su propio sostenimiento y otra se va en la transacción misma, desprendiendo calor en todo el proceso.

La energía se define como la capacidad para realizar un trabajo, es cinética cuando se transforma en movimiento y potencial cuando está almacenada, en los alimentos por ejemplo, la energía está acumulada en unos enlaces químicos, cuando éstos se rompen dentro del metabolismo se libera energía y producen movimiento.

La eficiencia en el aprovechamiento de la energía es de un 10% al pasar de las plantas a los herbívoros y al pasar de los herbívoros a los carnívoros la eficiencia aumenta hasta un 30-40%, pero en ningún caso sobrepasa del 45%, porque siempre son de mayor eficiencia termodinámica los sistemas que explotan que los sistemas explotados.

Existen estructuras disipativas de baja eficiencia, que son aquellas que toma una cantidad de energía y la disipa sin generar mucho trabajo, tampoco generan transformaciones elaboradas ni orden y la mayor parte de la energía la transforman en calor. Algunas estructuras disipativas logran conectarse a fuentes energéticas concentradas y transforman una parte importante en estructuras, en información, en sonido o en luz, entre otras.

Un sistema organizado con sus elementos y sus interrelaciones para construir y sostener requiere un flujo constante de entrada y salida de energía, pero además tiene una cantidad de energía acumulada o en estado estacionario, para mantener un nivel dentro del sistema y lograr mantener un orden.

Algunos sistemas requieren muy poca energía para mantener una gran cantidad de orden o para generar una gran cantidad de organización, como ciertos aparatos electrónicos de altísima eficiencia que utilizan circuitos integrados que pierden muy poco calor o los que funcionan con micro chips que generan aún menos calor y son todavía más eficientes. En contraposición, otros son intensivos en el consumo de energía y despilfarran grandes cantidades, por lo que necesitan grandes entradas para sostener una mínima organización. Un Estado corrupto, por ejemplo consume grandes cantidades de recursos para sostener muy poco orden, o una ciudad que crece deteriorando el paisaje que la rodea, la cultura y los modos de vida vecinos, transforma los espacios y los recursos destruyendo mucho y generando poco.

El coeficiente de Schrödinger es la medida de la cantidad de energía requerida para sostener una unidad de información o una cantidad de organización. Ecosistemas, urbanizaciones o procesos sociales con un bajo coeficiente de Schröd-

ringer son eminentemente destructivos, disipan grandes cantidades de energía y generan muy poco orden. Cualquier sistema vivo debe conectarse con una concentración de energía y disiparla para seguir viviendo y sostener una organización.

La estructura disipativa más grande que ha existido es la ciudad, todos los flujos de energía y materia de una región convergen en una ciudad. Las diversas poblaciones en una cierta zona o territorio concentran energía y materiales de su entorno, con los materiales acumulados se construyen estructuras que almacenan energía temporalmente para sostener las construcciones, las estructuras sociales y el comercio, finalmente todas emiten la energía captada y la disipan de diferentes maneras. Un sistema que disipa energía eficientemente atrae la energía de los menos eficientes y termina por absorberlos, de modo que entre más energía capta mayor poder de captación logra, porque convierte parte de esa energía en estructuras de captación y disipación.

Un sistema urbano que incrementa su organización y hace más compleja su estructura social y económica crea nuevos estratos sociales dedicados a distintas actividades y comienza a generar nuevas formas de concentración y disipación de energía, de modo que surge una pirámide socioeconómica más compleja, más alta y más diferenciada, que eventualmente se conecta con los asentamientos vecinos menos organizados y jerarquiza los sistemas urbanos de una región produciendo un efecto de cosecha.

El efecto de cosecha es la explotación sistémica de un sistema sobre otro y que mantiene al explotado en un valor constante de tamaño y complejidad que se conoce en ecología como el modelo *predador presa*. El modelo del lince y la liebre supone un flujo constante de energía que es captada por la población conejo para incrementar su tamaño, con el aumento del recurso conejo aumenta la cantidad de lince y aumenta la presión sobre la población de conejos, al punto que los lince matan tantos conejos como nacen<sup>18</sup>. En este punto la población de conejos se estabiliza pero la población de lince sigue aumentando durante un tiempo, pues hay un retardo entre la respuesta de un compartimiento y el otro.

Este retardo se debe a que no se había llegado al tope de la explotación del conejo disponible, cuando los conejos comienzan a disminuir por el incremento

<sup>18</sup> Al respecto Bertalanffy en la teoría General de Sistemas anota que "...en las ecuaciones de Volterra, la competencia entre dos especies por los mismos recursos sea, en cierto sentido, más fatal que una relación predador -presa, que la aniquilación de una especie por la otra. La competencia conduce a fin de cuentas al exterminio de la especie con menor capacidad de crecimiento; una relación predador -presa sólo conduce a oscilación periódica en las abundancias de las especies en cuestión, en torno

poblacional de los lince y éstos comienzan a decrecer debido a la reducción de conejos, disminuye la población de lince, lo que permite un descanso y el aumento de la población de conejos. Los lince continúan disminuyendo hasta que la nueva disponibilidad de conejos permite un repunte. No puede haber la misma cantidad de lince y de conejos, pues hay una gran cantidad de calor que con las fluctuaciones se disipa.

La explotación antrópica de los ecosistemas se basa en el efecto de cosecha, al reducir la complejidad y el tamaño de otros ecosistemas puede explotarlos permanentemente. Existen dos estrategias de explotación, en la primera el sol nutre un cultivo para alimento del hombre que lo explota sistemáticamente, de forma que reduce la organización y tamaño de este compartimiento lo cual le permite sostener un alto flujo de energía, pues el cultivo acumula un poco y el hombre lo toma para su alimento. En la segunda estrategia el hombre deja acumular mucha energía y luego la cosecha, con grandes pérdidas debidas al desplome energético. La diferencia está en que los flujos más regulares sostienen sistemas mayores y más complejos mientras que los flujos irregulares no sostienen sistemas de mayor tamaño ni complejos.

La primera estrategia corresponde a una sociedad cerealista que tiene un pequeño cultivo que cosecha y consume periódicamente, es decir es un pueblo sedentario. La segunda estrategia es aplicada por pueblos de agricultura itinerante que talan un área de selva, siembran y recogen todo lo que había acumulado en el ecosistema en forma de nutrientes y energía, luego de aprovechar estos recursos por poco tiempo dejan descansar el sistema hasta que acumula de nuevo; mientras tanto van a otro lugar y talan de nuevo repitiendo el proceso.

Las estrategias de utilización del entorno y de aprovechamiento de la oferta ambiental condicionan el hábitat y en el caso de la especie humana el tipo de asentamiento. El hábitat está compuesto por las condiciones características a las que se encuentra asociado un sistema vivo en el espacio, es decir, es el ambiente al que, con mayor frecuencia y consistencia se asocia un organismo o un sistema vivo. Aunque es un concepto propio de la ecología vegetal, debido a las grandes similitudes funcionales es aplicable a la organización territorial de los humanos.

En ecología el concepto clásico de hábitat se refiere al ambiente natural, sin embargo con el surgimiento de sistemas más complejos como el humano, se torna variable debido a que el hombre se adapta a muchos hábitats y además los adecúa y transforma. De acuerdo con el tipo de asentamiento en que viven los seres humanos se diferencian en gente rural y gente urbana, cada uno con diferentes requisitos de hábitat aunque ninguno excluyente del otro sino complementarios entre sí, pues los sistemas con similares requerimientos de hábitat y que generan

las mismas adecuaciones, compiten por los mismos recursos o se ayudan y terminan en una simbiosis.

Otros dos conceptos importantes a tener en cuenta son el de morfosis, que comprende las formas que un mismo sistema adopta en respuesta a las variaciones ambientales y el de morfotipo que se aplica a los sistemas que tienen morfologías y estructuras físicas características.

Con respecto al concepto de morfosis es necesario recordar que hay sistemas muy rígidos o estenomórficos, de una sola morfología y sistemas eurimórficos o de diversas formas. En los sistemas humanos hay sociedades y modelos de adaptación excesivamente rígidos y otros que son muy flexibles como la vivienda suburbana. El ecosistema urbano es un entorno determinístico muy rígido debido a la escasez de espacio y a que la riqueza de relaciones funcionales con los elementos vecinos deja muy pocos grados de libertad a los elementos individuales.

Los sistemas vivientes incorporan materia y energía de su entorno para generar y sostener información propia, la etapa de incorporación se conoce como nutrición y es característico de la vida. El proceso de entrada y salida se conoce como metabolismo, se compone de una fase de asimilación o anabolismo y de otra de desasimilación o catabolismo, sin que ningún sistema aproveche el 100% de sus entradas. Las funciones catabólicas de las ciudades y de todos los ecosistemas destruyen, analizan y disipan otras estructuras, pero al mismo tiempo utilizan su energía y materiales para crear sus propios materiales, sus propias unidades de reemplazo, mantenimiento y reproducción en el proceso anabólico. El balance catabolismo -anabolismo es el llamado coeficiente de Schrödinger.

Como en un ecosistema entra y sale la misma cantidad, el sistema está en la mitad de un flujo constante de energía y materia. Tiene que sostener unas funciones internas básicas, su estructura le exige mantener una temperatura constante, determinado porcentaje de humedad, una determinada concentración química y un balance energético constante. Las entradas son variables y las pérdidas no son constantes, no obstante tiene flujos internos de materia y energía que permanecen constantes. Las entradas al sistema pueden ser erráticas o simplemente oscilatorias. Son erráticas pues nunca se sabe cuándo ocurrirá un evento y oscilatorias pues determinado evento sucede periódicamente. Las salidas también pueden ser erráticas u oscilatorias. Un organismo a intemperie tiene pérdidas térmicas oscilatorias en la alternancia día-noche pero deben mantener una regulación constante. Hay sistemas elásticos que aguantan fluctuaciones fuertes en algunas de sus funciones y algunos rígidos que no los aguantan.

cada cultura tiene unos ritmos marcados desde adentro y otros marcados por ritmos externos. Todos los sistemas abiertos ven afectados sus procesos y sus ciclos por estímulos ambientales, tienen funciones constantes o ritmos propios a pesar de los cambios externos en las entradas y en las salidas, no significa esto que las funciones externas sean inmodificables, significa que no se modifican en la misma magnitud que las fluctuaciones externas.

La regulación se da en gran medida por la gestión ambiental urbana, que es básicamente el desarrollo de mecanismos de regulación de las nociones urbanas para crear unas constantes ambientales. La ciudad altera el biorritmo de sus habitantes, determina la calidad del aire que se respira, los niveles de ruido permisibles y otra gran cantidad de variables ambientales, si no se diera esta regulación cada individuo tendría que montar sus propias estrategias de regulación.

La capacidad de un sistema abierto para mantener unos ritmos y funciones constantes en un entorno variable se conoce como homeostasis, cuando están sobre su meseta de regulación, intervalo en el cual son capaces de mantener una función estable, hacen una retroalimentación negativa, es decir, al aumentar la temperatura reducen el ritmo metabólico y a menor temperatura mayor ritmo metabólico, la retroalimentación negativa o regulación, es típica de los sistemas vivientes. Por fuera del intervalo de regulación, que no es frecuente, los sistemas entran en retroalimentación positiva.

Un sistema pequeño tiene menor capacidad de regulación debido a su tamaño pues el tamaño afecta directamente la capacidad de regulación del mismo, a mayor masa se logra mayor regulación. Los asentamientos grandes son un mecanismo de seguridad para defenderse de los cambios ambientales, una sequía que asola y acaba con una aldea no logra diezmar una gran ciudad.

Un sistema voluminoso tiene menor capacidad regulatoria que uno adulto pues en un organismo adulto juvenil sano las respuestas están muy ligadas a los estímulos y las respuestas de un organismo senil se retardan con respecto a los estímulos.

El organismo joven tiene una baja resistencia mientras el organismo viejo tiene resistencia pero ha perdido complejidad del sistema, es decir, su resiliencia es menor. La resistencia es la capacidad de mantener la estructura y la función gracias al tamaño y la rigidez, los sistemas más grandes se desestabilizan menos que los más pequeños, la rigidez está asociada a la resistencia debido a su naturaleza física o química, o sea que se debe a la sustancia.

activación. Una de las estrategias para extraer la energía de este tipo de sistema consiste en hacer una intervención muy costosa para desestabilizarlo, romper sus estructuras y disipar su energía para explotar los recursos. Esta estrategia se conoce como de ignición y genera grandes disipaciones de baja eficiencia.

Otra estrategia, conocida como catálisis, utiliza el encuentro de ciertos elementos que engranar determinados procesos y crean una escalada de disipación. La catálisis viene del estudio de las enzimas del cuerpo, éstas producen unas reacciones altamente improbables mediante la organización de los elementos que intervienen en el espacio y en el tiempo.

Los sistemas estables o rígidos tienen diferentes energías de activación y pueden modificarse rápidamente por ignición o por catálisis. Este tipo de homeostasis que se da por relaciones, por complejidad y por la densidad de las interrelaciones se llama resiliencia o estabilidad elástica y generalmente es propio de un sistema denso, rico y de interrelaciones complejas.

Un tipo de estabilidad relacionado con la resiliencia y que hace que cuando un sistema sufre una perturbación y se desplaza, tienda a recuperar la trayectoria inicial de desarrollo, se llama estabilidad dinámica, estabilidad de trayectoria o equifinalidad. Existe entonces un patrón de desarrollo endógeno autodeterminado que es distintivo de todos los sistemas vivientes, pues todo sistema viviente es inestable.

La mayoría de los cambios evolutivos que tiene una cultura, una ciudad o una organización se dan porque a un elemento se le adicionan otros nuevos y la integración de esos elementos da origen a propiedades que no sólo son la suma de las propiedades de las partes que se van adicionando al sistema sino propiedades nuevas que adquiere el sistema por estas interrelaciones, es el concepto de fulguración, que explica temas de genética y de biología molecular.

Los sistemas surgen cuando los elementos se ordenan y se interrelacionan, a través de la evolución de los sistemas aparece una función que los retroalimenta y un elemento que determinaba a otro es capaz de dar una respuesta y modular las entradas. Cuando el sistema se retroalimenta, se modula, se autorregula y su evolución sufre una discontinuidad enorme aparece una nueva clase de sistema.

Un ejemplo de gestión ambiental urbana puede ser el funcionamiento de las industrias en un sistema urbano. Éstas se nutren unas a otras mediante una regulación de mercado y en desarrollo de sus actividades normales producen residuos, contaminación, malestar social algunas veces y efectos urbanísticos negativos, considerados algunos de ellos externalidades negativas desde el punto de vista económico; los costos ambientales, sociales y económicos de su actividad no los

asume la industria sino la sociedad en su totalidad, ya sea por el deterioro permanente de un ecosistema, por el deterioro de la calidad de vida de las personas o por el alto costo de los servicios públicos.

Con la aplicación de principios tributarios y económicos como el contaminador-pagador, se busca que las empresas interioricen estos costos y los trasladen al producto, la interiorización de los costos de contaminación se refleja en buscar alternativas de uso para los desechos o en la adquisición de tecnologías más eficientes, es decir, tratan de adecuarse a la normativa local vigente sobre calidad ambiental. Visto desde la gestión, esta regulación recoge un flujo abierto y lo cierra, en un proceso de retroalimentación que cambia el comportamiento de estas industrias. Desde un punto de vista sistémico se tomó un sistema lineal unidireccional y se convirtió en un sistema retroalimentado.

Esta evolución del sistema industrial se da porque en algún momento surgió una posibilidad de retroalimentación y el sistema era capaz de modularse a sí mismo. El elemento que permite esta autorregulación y la facilita mediante los mecanismos evolutivos es la fulguración.

La retroalimentación y la evolución de los sistemas indican que no existe un todo determinado y que queda espacio para la incertidumbre, un sistema muy rico en información puede ser determinístico, pero los sistemas muy complejos generan contradicciones internas y crean un espacio para el caos. La cantidad de variables y de relaciones refuerzan la determinación del sistema como si todas sus relaciones fueran rígidas, pero igualmente multiplican las posibles interacciones aleatorias. En estas situaciones el caos es una causalidad y constituye una organización super compleja.

Los procesos caóticos son esencialmente creativos, para que surjan debe haber una gran complejidad de elementos, actores, e interacciones pues la simplificación de los sistemas reduce las posibilidades de interacciones caóticas que se presentan en un sistema super complejo cuando hay fuerzas en oposición, ya que no todo apunta hacia la misma dirección. La planificación, la gestión y el crecimiento de las ciudades normalmente se basan en teorías y métodos de aproximación y de modelación muy simples y desde relaciones lineales. Las proyecciones lineales sobre sistemas complejos no tienen respuestas lineales.

El urbanismo tradicional determina linealmente donde quedará una zona industrial, una residencial o una de trabajo sin concebirlas como un conjunto de elementos en interacción<sup>19</sup>, donde los excedentes energéticos de un sector pueden

<sup>19</sup> Definición de sistema. Bertalanffy, op.cit. p.38

trasladarse a otro que los utilice. El calor disipado por un complejo industrial puede utilizarse en la calefacción de viviendas aledañas o el gas metano proveniente de la descomposición de los residuos sólidos urbanos -RSU- puede convertirse en energía calórica o lumínica, residencial o industrial.

El desarrollo de las ciudades no es un fenómeno aleatorio, como sí es el arrojar los dados una vez, el número obtenido es impredecible. Al lanzarlos muchas veces, la distribución estadística de los resultados es más consistente y adquiere unas proporciones más o menos predecibles a medida que se repiten los intentos, el azar real se reduce con la masa de los eventos. El desarrollo urbano o regional es estocástico<sup>20</sup>, su causalidad es tan compleja que podría ser esencialmente impredecible según los matemáticos o los estadísticos, sin embargo cuando se aplica la teoría del caos, que prolonga los alcances de la teoría de los sistemas, se proponen modelos caóticos que representan fenómenos super complejos.

La arquitectura o la geometría del caos se llama fractal y surgió para estudiar básicamente estructuras caóticas, que lejos de ser desordenadas siguen una geometría compleja pero armónica. En estas estructuras super complejas la organización general siempre encuentra eco, armonía y correspondencia en las de menor escala armonizando el conjunto, el análisis de ecosistemas urbanos tremendamente complejos requiere mirar la organización en distintas escalas para distinguir el orden del patrón. La geometría fractal se aplica a las ciudades y a las regiones, explica cómo a partir de principios simples aplicados a diferentes escalas en diferentes niveles jerárquicos, una y otra vez, se generan organizaciones y sistemas super complejos y en buena parte aclara la organización, las interacciones y el tipo de relaciones en los sistemas vivos.

Finalmente es necesario hablar del determinismo o el creer que todo está determinado, mientras que el probabilismo establece que hay juegos de probabilidades

<sup>20</sup> Este término se aplica a los sistemas físicos regidos por leyes de probabilidad. Se dice que un experimento o suceso es estocástico o aleatorio cuando cumple las siguientes condiciones:

- El experimento se puede repetir indefinidamente bajo análogas condiciones, y se pueden obtener resultados distintos en cada prueba (prueba es cada realización del experimento o suceso).
- En cada prueba se obtiene un resultado que pertenece al conjunto de todos los resultados posibles del experimento o suceso (espacio muestral).
- Antes de realizar una nueva prueba del experimento no se puede predecir el resultado que se obtendrá (condición de azar), aunque sí se le puede asignar un cierto número, que se denominará *probabilidad*, asociado a que tal suceso ocurra o se verifique.

La frecuencia relativa de cada resultado (cociente entre el número de veces que el suceso se ha verificado y el número total de veces que se ha realizado el experimento) de un experimento aleatorio tiende experimentalmente a aproximarse a un valor fijo, es decir, a estabilizarse, a medida que el número de pruebas aumenta indefinidamente. En el caso límite de un infinito número de experimentos, la frecuencia relativa del suceso coincidirá con la probabilidad asignada a tal suceso. Esta condición recibe el nombre de regularidad estadística.

y que hasta las cosas más improbables pueden ocurrir<sup>21</sup>. Los modelos probabilísticos indican que cualquier predicción está sometidas a márgenes de confianza o de probabilidad estadística. El optimalismo en la economía, la sociología y en biología sostiene que toda evolución en los sistemas apunta a optimizar sus rendimientos y su eficiencia y que finalmente sólo ocurren aquellas cosas que aumentan y optimizan el desempeño de un sistema, o sea que sólo sobreviven los más eficientes y cualquier cosa que no es eficiente, productiva o útil desaparece.

El crecimiento de los sistemas urbanos se entiende a partir de la eficacia biológica, que es la capacidad de un sistema para sobrevivir y reproducirse, los sistemas se seleccionan y siguen reproduciéndose y evolucionando en la medida de su eficacia biológica, mientras ésta no sea tan baja que vulnere su existencia y la ponga en serio riesgo el sistema se mantiene, puede que no sea óptimo, pero la naturaleza no es optimalista<sup>22</sup>

### **Autoevaluación**

Las siguientes preguntas permitirán medir cuánto entendió el lector sobre el tema. En caso de no poder contestar alguna de ellas se recomienda regresar sobre el texto para aclarar el concepto.

1. ¿Qué es un sistema?
2. ¿Qué es la Teoría General de Sistemas?
3. ¿Según la ecología cuáles son los principios básicos de la sostenibilidad?
4. ¿Qué principios de sostenibilidad contemplan las ciencias sociales?
5. ¿Por qué la ciudad es un ecosistema?

<sup>21</sup> Teilhard de Chardin decía que sólo lo fantástico tiene probabilidades de ser cierto.

<sup>22</sup> Según el principio de optimalidad partiana un cambio es socialmente deseable si mejora el bienestar de los miembros de la sociedad, o el de unos cuantos, sin empeorar el de ninguno. No obstante no se puede hacer ningún cambio sin afectar el bienestar. Si se logra entonces ha sido una asignación óptima o eficiente.