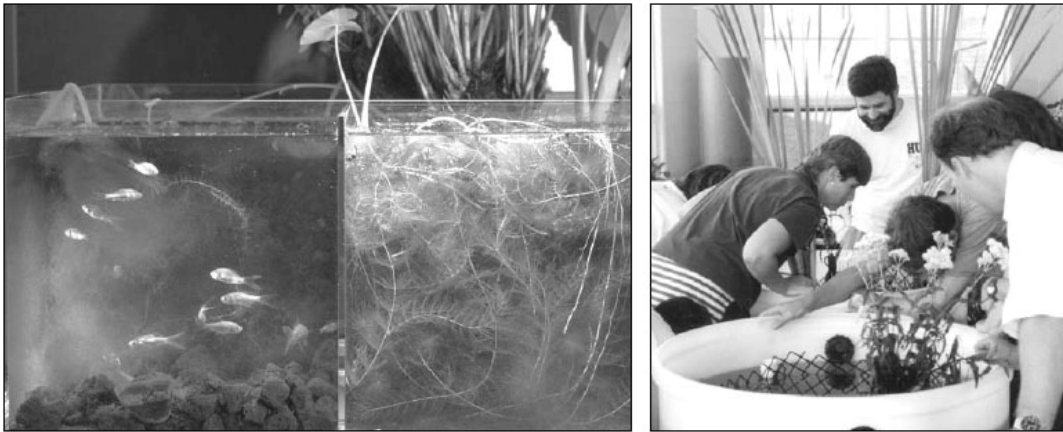


Educación para la sostenibilidad: Un enfoque ecológico

Una sociedad humana más sostenible basada en los mecanismos inteligentes de la naturaleza y en los sistemas autosuficientes



Por Marc Companion

Traducido por Gerard Casas

Si consideramos las limitaciones de la Tierra, podría decirse que la reducción del impacto humano en el planeta es el desafío más importante que afrontan las generaciones actuales y, del mismo modo, tendrán que hacerlo las generaciones futuras. Para un número cada vez más elevado de diseñadores e ingenieros, esto significa que es necesario aprender a crear edificios, tecnologías y comunidades que no produzcan residuos y que hagan un uso inteligente de los recursos naturales. ¿Existe otro modelo mejor que la propia naturaleza?

Durante tres mil millones de años, el mundo natural se ha preservado a sí mismo y ha cuidado de sus habitantes mediante el uso de sistemas inteligentes que han evolucionado gracias a las mejoras en curso. Se puede pensar que la evolución es el sistema definitivo de investigación y desarrollo por el cual los diseños se adaptan continuamente para crear ecosistemas completamente autosuficientes. Los ecosistemas generan su propio alimento, tratan sus residuos y usan la energía de forma inteligente. Además, no generan contaminación, pues todo se recicla a través de cadenas alimentarias que aseguran un aprovechamiento total de la materia. Mediante

el uso de circuitos cerrados en lugar de canales lineales de entrada y salida, los sistemas naturales pueden usar los recursos de forma eficaz. Los ecosistemas biológicamente diversos también poseen mecanismos autoreguladores que, por lo contrario, las tecnologías humanas aún no son capaces de generar. La existencia de dichas propiedades, como la habilidad de, por sí mismos, organizar (establecer relaciones para perpetuar el sistema), reparar y replicar sugiere que el todo es más que la suma de sus partes. Por analogía, los restos de chatarra de un coche no van a volver a organizarse en otro coche nuevo y funcional, ni ese mismo coche será capaz de repararse ni de adaptarse a su entorno por sí mismo.

La naturaleza es alta tecnología. Todos quedamos atónitos ante la complejidad de nuestros cuerpos y también sabemos que muchos de los fármacos milagrosos son réplicas farmacéuticas de moléculas que han sido manufacturadas por plantas medicinales durante milenios. Pero, ¿sabían que, gramo a gramo, la seda de las arañas es más resistente que el acero? Esta fibra milagrosa, también reciclable, está formada a partir de recursos renovables, mediante procesos de producción segura que todavía no podemos comprender,

como si de moscas o mosquitos se tratara. Científicos de todo el mundo están tratando de descubrir todo lo que las arañas han sabido durante millones de años. De forma similar, la industria de los adhesivos se pirrará por conocer lo que saben los mejillones. Entre las incesables mareas del océano, los mejillones se amarran a las rocas usando un “pegamento” extraordinario que funciona incluso en superficies húmedas; una propiedad de la que carecen la mayoría de nuestros poliepóxidos, resinas y pinturas tóxicos. Los ordenadores de la naturaleza son los cerebros y los sistemas nerviosos más desarrollados de los seres vivos. Según fuentes fidedignas, el ADN almacena grandes cantidades de información, tal y como hace nuestra memoria. Además, la naturaleza tiene su propia Internet, es decir, de forma inconmensurable, un complejo entramado de redes comparte la información y los nutrientes de cualquier parte del organismo, desde los sistemas nerviosos de nuestros cuerpos hasta las micorrizas que se forman en las raíces de todas las plantas.

La biomimesis es una ciencia innovadora cuyo objetivo es descodificar los abundantes sistemas inteligentes presentes en la naturaleza y aplicarlos a las tecnologías creadas por el hombre. Cabe destacar que no se trata de biotecnología, cuyo propósito principal es manipular los procesos naturales a fin de obtener unos resultados en concreto, como ocurre en los cultivos modificados genéticamente. Más que intentar modificar los diseños de la naturaleza, la biomimesis tiene como objetivo imitarlos, siguiendo sus mismas “reglas” y aprendiendo de dicha elegancia con que se estructuran estos sistemas. Las nuevas invenciones creadas a partir de la asociación con la naturaleza transformarán todo lo que hagamos, desde la forma en que aprovecharemos la energía o nos curaremos, hasta en cómo negociaremos o manufacturaremos los productos del futuro.

El diseño ecológico: la cooperación con la naturaleza

En el reciente campo del diseño ecológico, los sistemas naturales son la inspiración para las estrategias que eliminan la contaminación, reparan los ecosistemas dañados y aseguran un uso eficiente de los recursos naturales. Los “edificios verdes”, por ejemplo, están contruidos de materiales no tóxicos y producen más energía de la que consumen. En los vecindarios y las escuelas, la gente cultiva su

propia comida, con que tratan los residuos de forma ecológica y contribuyen al crecimiento de la biodiversidad restaurando, asimismo, los sistemas vivos de sus jardines. Las empresas están rediseñando sus procesos de producción para seguir los patrones de funcionamiento de los bosques o praderas, donde todo tiene su valor como recurso y, por lo tanto, en lugar de verterlo como contaminante, se recicla. Veamos más detalladamente algunas de estas interesantísimas aplicaciones.

La purificación del agua: En los sistemas ecológicos de tratamiento de aguas, las aguas residuales circulan por una serie de tanques que contienen comunidades biológicamente diversas de organismos que consumen los residuos y digieren los contaminantes orgánicos prácticamente de la misma forma en que los pantanos purifican el agua. En dichas “máquinas ecológicas”, los caracoles, peces, plantas, bacterias y microorganismos acuáticos se alimentan de los nutrientes que encuentran en el agua, de forma que transforman las aguas residuales en aguas lo suficientemente limpias como para tomar un baño, verterlas al río o reciclarlas para usos posteriores. Cerca de Naples, Florida, la reserva natural del pantano Corkscrew (Corkscrew Swamp Nature Reserve) dispone de un sistema que trata las aguas residuales procedentes de los evacuatorios públicos que utilizan los visitantes. De este modo, las aguas tratadas están tan limpias como el mismo pantano natural y, en muchos casos, se destina para fines no potables, como las cisternas de los inodoros. Asimismo, la fundación Findhorn, en Escocia, emplea otro sistema ecológico de tratamiento de residuos que depura las aguas residuales de una comunidad de 350 personas.

Como la construcción de estos sistemas se lleva a cabo *in situ*, en lugar de transportarse por la ciudad, los residuos pueden tratarse en el mismo lugar donde han sido generados. Además, los ecosistemas biológicamente diversos son estables y robustos, y son capaces de adaptarse a flujos residuales cambiantes y acabar con un gran número de nutrientes, incluyendo químicos nocivos como la gasolina o limpiadores cáusticos. Estos sistemas de tratamiento de residuos también tienen una multitud de usos potenciales, especialmente si se tratan residuos de comida en lugar de residuos humanos. Los nutrientes presentes en los residuos que producen un restaurante o una cafetería, por ejemplo, pueden convertirse en productos tales como pescado, vegetales

hidropónicos y cultivos agrícolas. Las escuelas no sólo usan estos sistemas para tratar los residuos, sino que, para promover una enseñanza más práctica, también los emplean como laboratorios vivientes.

La regulación climática en interiores: De forma colectiva, los organismos vivos ayudan a regular el clima del planeta transformando la energía solar y geoquímica en vías metabólicas. Por consiguiente, se modera la temperatura, se limpian los sistemas hidráulicos y de ventilación y, además, se mantienen las condiciones que promueven una vida en cooperación. Sería posible aplicar las mismas estrategias en nuestros edificios si en su interior introdujéramos ecosistemas que sustituyeran los sistemas de calefacción y ventilación que a menudo resultan ineficaces. Los sistemas vivos de interior son el corazón y los pulmones de los edificios, pues regulan el clima interior moderando la temperatura, mejorando la calidad del aire y manteniendo una humedad agradable. Por ejemplo, las “paredes verdes” que están compuestas de agua, roca, ranas, peces, insectos y plantas funcionan como filtros biológicos que absorben los contaminantes¹ del aire interior. La universidad sueca Stensund Folk College, en Estocolmo, dispone de una instalación de acuicultura que además de tratar las aguas residuales y producir peces, también es una fuente térmica que se exporta a otros edificios del campus².

Aparte de la eficiencia energética que proporcionan las tecnologías naturales, la inclusión de ecosistemas en instalaciones interiores, como nuestras oficinas u hogares, también tiene muchos otros beneficios. Como las plantas eliminan las toxinas del aire y proporcionan oxígeno puro, el “síndrome del edificio enfermo” ha sido prácticamente erradicado. La luz natural y las plantas hacen que la gente se sienta mejor. En las oficinas, por ejemplo, la productividad aumenta y el absentismo disminuye. En las escuelas, una buena dosis de luz natural mejora el rendimiento escolar y la asistencia. Cada vez más se demuestra que incluso el sonido de una fuente de agua de fondo es capaz de apaciguar a los niños hiperactivos y ayudarles a concentrarse.

¹ Ver Becky Gillette et al, “The Living Wall: Urban Biofiltration,” *E Magazine* 10:1 (January-February 1999), <www.emagazine.com/januaryfebruary_1999/0199inbrief.html>.

² Ver EcoEng-online, International Ecological Engineering Society, <www.iees.ch/cs/cs_1.html>.

Reparación de cuerpos de agua

contaminados: Los ecosistemas modificados pueden reparar y restaurar ambientes acuáticos dañados. En muchas comunidades, los ríos y los lagos contienen un sinnúmero de fertilizantes y químicos en la superficie o están degradados a causa de las prácticas de manejo de la tierra. Como consecuencia, es fácil encontrarse con algas, metales pesados y químicos en la cadena alimentaria, además de la pérdida de biodiversidad en nuestros lagos y ríos. Una invención reciente llamada “Restorer” (restaurador) emplea islas artificiales de plantas originales de humedales que flotan en la superficie de los lagos y las lagunas a fin de digerir el exceso de nutrientes. El uso de dichas plantas ayuda a reponer las bacterias simbióticas y otros organismos que en algún momento habitaron el cuerpo del agua, aumentando, así, la biodiversidad a niveles más saludables. Las bombas hacen circular el agua y los sedimentos, generando corrientes suaves que desplazan el exceso de nutrientes al ecosistema flotante, donde las plantas u otros organismos podrán recogerlos. Después de un tiempo, como consecuencia del crecimiento de las poblaciones de organismos autóctonos saludables, se restaura el balance y el ecosistema autóctono empieza a cuidar de sí mismo nuevamente. El primer “Restorer” fue instalado en 1991 en un estanque de 14 acres (0,06 km²) en Massachusetts, donde depura el agua y digiere más de 50.000 yardas cúbicas (38227 m³) de lodo orgánico y sedimentos³. Las aplicaciones más recientes de la tecnología “Restorer” incluyen el tratamiento de los residuos procedentes de los mataderos de una laguna de Maryland y la digestión del exceso de nutrientes presente en el estanque de una cancha de golf de Hawái.

Los ecosistemas en el aula

La idea de usar la naturaleza como modelo de sostenibilidad puede ayudar a mejorar la forma en que se imparten las clases acerca del medio ambiente. Un ecosistema acuático de interior, por ejemplo, es un recurso versátil e interactivo para aprender cómo funcionan los sistemas naturales complejos y cómo nuestras comunidades afectan a la naturaleza. Inspirados en los sistemas acuáticos naturales, los sistemas de interior se sostienen mediante la fotosíntesis, el reciclaje de nutrientes y la

³ Ver Ocean Arks International, <www.oceanarks.org/nwt10rst_Restorer_Technology.php>

biodiversidad y, asimismo, contienen una gran variedad de habitantes y son capaces de producir su propio sustento y de tratar sus residuos a través de cadenas alimentarias complejas.

A modo de laboratorios vivos, los ecosistemas acuáticos instalados en las aulas pueden ofrecer una infinidad de oportunidades educativas. Por ejemplo, creando hábitats de tipos diferentes y observando la vida existente en ellos, los estudiantes pueden descubrir las necesidades vitales de los organismos vivos y, además, si modifican las condiciones vitales de los ecosistemas de forma segura, pueden comprobar las hipótesis relativas a todo tipo de cuestiones: ¿Qué ocurre en los niveles de dióxido de carbono del agua cuando cubrimos las plantas? ¿Cómo se comportan los invertebrados acuáticos, como las libélulas, en diferentes momentos de su ciclo vital? ¿Cómo podemos modificar la instalación hidráulica para que el agua circule más deprisa? ¿Cómo responderá el sistema al exceso de nutrientes si introducimos algunos de los contaminantes que afectan a los lagos y ríos cercanos?

Algunas de las áreas del plan educativo relacionadas con el estudio de los ecosistemas acuáticos en las aulas incluyen:

- la física (hidráulica, propiedades del agua, termodinámica)
- la química orgánica y la hidroquímica
- la biología (competencia, selección natural, territorialidad, dinámica de poblaciones, taxonomía, adaptación, interacciones abióticas y bióticas y ecotonos)
- ciencias medioambientales (necesidades del hábitat, relaciones ecológicas, contaminación del agua y las cuencas de nuestra comunidad)

De Marte a nuestro patio de recreo: la escuela ecológica

En la enseñanza del concepto de sostenibilidad, algunos de los experimentos más avanzados que podrían llevarse a cabo en los institutos incluyen los conceptos de la homeostasis y la autoregulación, la noción de que la naturaleza tiene la capacidad de organizarse por sí misma, el reconocimiento de modelos, los fractales y el pensamiento sistémico. (Ver “Ruta para un futuro sostenible”, página 6). Como es de esperar, los estudiantes están fascinados con

estas ideas. El estudio de las colonias espaciales es una primera toma de contacto atractiva para aproximarse a dichos experimentos. El hecho de comparar las similitudes y diferencias entre la Tierra y el resto del sistema solar (tal y como lo conocemos) proporciona un claro entendimiento del funcionamiento de nuestro propio planeta. Dicho estudio también ayuda a los estudiantes a entender el impacto que los asentamientos producen en su entorno. ¿Qué hace falta para sobrevivir? ¿Cuáles son las necesidades humanas en una estación espacial o en una colonia en Marte? ¿Qué necesita la gente que vive en el vecindario? ¿Cómo podemos mantenernos de forma indefinida ante una disponibilidad limitada de recursos? El hecho de tratar estas cuestiones ayuda a los alumnos a que, de manera interesante, evalúen las relaciones de los humanos con su entorno y, asimismo, analicen de forma crítica los entornos artificiales. Por si fuera poco, esta práctica también es un paso importante para desarrollar habilidades administrativas. Del mismo modo que la generación de energía, la producción de alimentos y el tratamiento de los residuos son esenciales en el espacio, también lo son los sistemas presentes en nuestras ciudades, colegios y hogares. Una pregunta muy común en los estudiantes es “¿cómo puedo convertir mi colegio u hogar en una estación espacial, de forma que produzca energía, genere alimento y trate sus propios residuos por sí misma?

¿De qué forma nuestros colegios están a la altura de los valores y conceptos que enseñamos? Realmente, ¿podemos afirmar que nuestras instalaciones están concebidas para mejorar la calidad del agua, aumentar la diversidad biológica y respetan el entorno en el que se encuentran o, de lo contrario, están contruidos con materiales tóxicos? ¿Hacen un uso ineficiente de la energía no renovable? ¿Vierten el agua contaminada en el alcantarillado de la ciudad para que otros la depuren? ¿Qué impacto ecológico generan? ¿Qué podríamos hacer para convertir nuestras escuelas en instalaciones más sostenibles? Todas estas cuestiones pueden ser la base de un plan escolar integrado que combine el aprendizaje práctico, los debates, las excursiones, los trabajos en grupo y las exposiciones orales, a fin de promover un aprendizaje más práctico y didáctico. Para empezar, a continuación se especifican algunas de las cuestiones que pueden descubrir los alumnos (enmarcadas en el ámbito que les corresponde):

La energía: identificar las necesidades energéticas de la escuela. ¿Con qué fuentes energéticas cuenta la escuela y cómo se producen? ¿Qué cantidad de energía se emplea mensualmente? ¿Y anualmente? ¿Para qué se destina la energía que consume la escuela (calefacción, refrigeración, iluminación, etc.)? ¿Quiénes son los mayores consumidores de energía del campus? ¿Cuál es el coste de dicho suministro energético?

Los alimentos: ¿Qué alimentos se usan en el campus? ¿Cuánto dinero destina la escuela mensualmente? ¿Y anualmente? ¿Cuál es la procedencia de dichos alimentos y qué trayecto han seguido antes de llegar a la escuela? ¿Cuál es el porcentaje de alimentos que proviene del exterior del campus? ¿Cómo se producen los alimentos? ¿Qué impactos generan dichos procesos agrarios en la salud de la naturaleza y de los granjeros locales?

Los residuos: ¿Qué tipo de residuos genera la escuela? ¿Qué actividades los producen? ¿Cuál es la proporción de cada tipo de residuo? ¿Cómo se tratan los residuos o en qué lugar se desechan? ¿Cuánto dinero destina la escuela para llevar a cabo este proceso? ¿Qué repercusiones tienen estos residuos en el entorno natural?

Los hábitats del patio de recreo: ¿Qué especies existen en nuestro patio de recreo? ¿Qué lo habitaba antes de que llegaran los humanos? ¿Qué tipos de hábitat podemos encontrar? ¿Cómo podemos aumentar la biodiversidad en nuestros patios? ¿Y en nuestros vecindarios?

Existe un gran número de proyectos que los estudiantes pueden realizar para hacer que sus escuelas sigan un modelo más parecido a los sistemas naturales. Entre otras tareas, los estudiantes pueden construir e instalar placas solares a fin de capturar más energía, plantar especies autóctonas en el patio de recreo para incrementar la biodiversidad y generar un hábitat silvestre, producir abono a partir de los residuos de comida de la cafetería y convertir sus nutrientes en vegetales orgánicos, así como crear pantanos en el patio para filtrar los fluidos residuales procedentes de los tejados y aparcamientos. Los estudiantes también

pueden crear un nuevo diseño para la escuela que minimice los impactos que genera en su entorno natural. Es importante animarlos a que presenten sus descubrimientos y recomendaciones y ayudarlos a encontrar otros miembros de la ciudad que también puedan debatir acerca de la creación de un lugar que valga la pena transferir a generaciones futuras. Este tipo de actividades prácticas generan en los estudiantes una sensación de pertenencia y propósito y, al mismo tiempo, se está haciendo hincapié en la misión educativa. Con una comprensión más profunda de los sistemas naturales y de las estrategias de diseño ecológico, los estudiantes estarán más preparados para afrontar los desafíos vitales de una Tierra que cuenta con recursos limitados.

Marc Companion es especialista en el desarrollo internacional y la educación medioambiental en la ciudad estadounidense de Burlington, Vermont, y coordinador educativo de Ocean Arks International.

Gerard Casas es profesor de idiomas y miembro de la Facultad de Traducción e Interpretación de la Universidad Autónoma de Barcelona, España.

Ruta para un futuro sostenible

El hecho de desarrollar una buena comprensión del mundo que nos rodea está relacionado con la habilidad de tomar decisiones a largo plazo. En este ejemplo, un plan de plan de estudios integrado para el área de las ciencias (columna de la izquierda) desarrolla las habilidades para reducir el impacto humano sobre el medio ambiente mediante actividades como la restauración del hábitat, la construcción de suelos y la mitigación de la contaminación. Las técnicas futuristas contextualizan el aprendizaje de las ciencias poniendo énfasis en la administración, creando una visión común e innovadora y movilizand los recursos para dar un giro a la situación.

-Jim Laurie, Gail Shaw y Marc Companion

Plan de estudios (biología y ciencias)

La biodiversidad: descubriendo las interconexiones de la naturaleza

- La simbiosis
- La coevolución de:
 - las almejas, los pantanos y los arrecifes de coral
 - las praderas, los animales de pastura y los depredadores
 - los hongos y las raíces de la tierra

Los sistemas vivos en el aula

- Los ecosistemas acuáticos
- Prácticas con microscopios y cadenas alimentarias
- Química: el PH, las reacciones *redox* y el oxígeno disuelto.
- Los residuos de comida como nutrientes
- Los ciclos del carbono y el nitrógeno
- Los principios del diseño ecológico

Relacionando los sistemas naturales:

- La conversión de los residuos de la cafetería en alimento
- La creación de abono y la formación de la tierra
- La crianza de gusanos para la tierra y los peces
- Los jardines de los estudiantes y la acuicultura
- Las aguas residuales de los peces como fertilizante

La restauración ecológica: el aumento de la biodiversidad en el campus

- Los hábitats en el patio de recreo: hábitats acuáticos y terrestres
- La restauración de los bosques, pantanos y estanques
- Los nidos de los pájaros y murciélagos
- Las flores silvestres y los jardines de mariposas

Técnicas futuristas

Los nuevos paradigmas

- La importancia de las bacterias
- El carácter auto-organizador de la vida
- La interdependencia de las especies
- Las hipótesis de Gaia
- La inmunidad: la salud de la Tierra y de los cuerpos
- Los humanos podemos restaurar la naturaleza

El pensamiento sistémico

- Las redes
- El flujo de información
- La corriente energética
- El aprendizaje basado en procesos o equipos
- Las teorías del caos y la complejidad
- El diseño informático

Los futuros ideales

- Las estrategias de planeación
- Las habilidades intuitivas
- La determinación de los valores comunes
- La instauración de un consenso
- ¿Cómo nos convertimos en restauradores?
- ¿Qué tipo de escuelas, ciudades, ríos o lagos queremos?

El acercamiento a la sostenibilidad

- La preservación de la diversidad biológica
- Vida responsable en el planeta
- La construcción de comunidades sostenibles
- Las tecnologías de la energía solar
- La agricultura orgánica
- La economía ecológica