

Nuevos paradigmas *y fronteras*

Una de las cosas más fascinantes de la ciencia es su constante cambio en los conceptos, ideas, métodos y teorías. El incesante surgimiento de nuevas preguntas funciona como motor de la ciencia. En ocasiones éstas no pueden responderse al interior de los marcos teóricos y metodológicos existentes, por lo que se requieren algunos cambios. En estos casos, después de haber revisado las teorías y los métodos existentes, se elaboran nuevos marcos conceptuales que permitan ubicar estas nuevas interrogantes. Para lograrlo, se inicia la acumulación de nuevas evidencias obtenidas con nuevos métodos; emergen nuevos patrones, se construyen nuevos modelos y se plantean cambios en las teorías. Es así como se dan las condiciones para el desarrollo de los llamados *paradigmas* —cada uno de ellos con sus propias bases teóricas, científicas y filosóficas.

Las reuniones científicas, la publicación de artículos y libros científicos

clave, y la fundación de nuevas sociedades científicas, constituyen el abanico de expresiones en el cual es posible detectar el surgimiento de los escenarios en que se desarrollan los nuevos paradigmas.

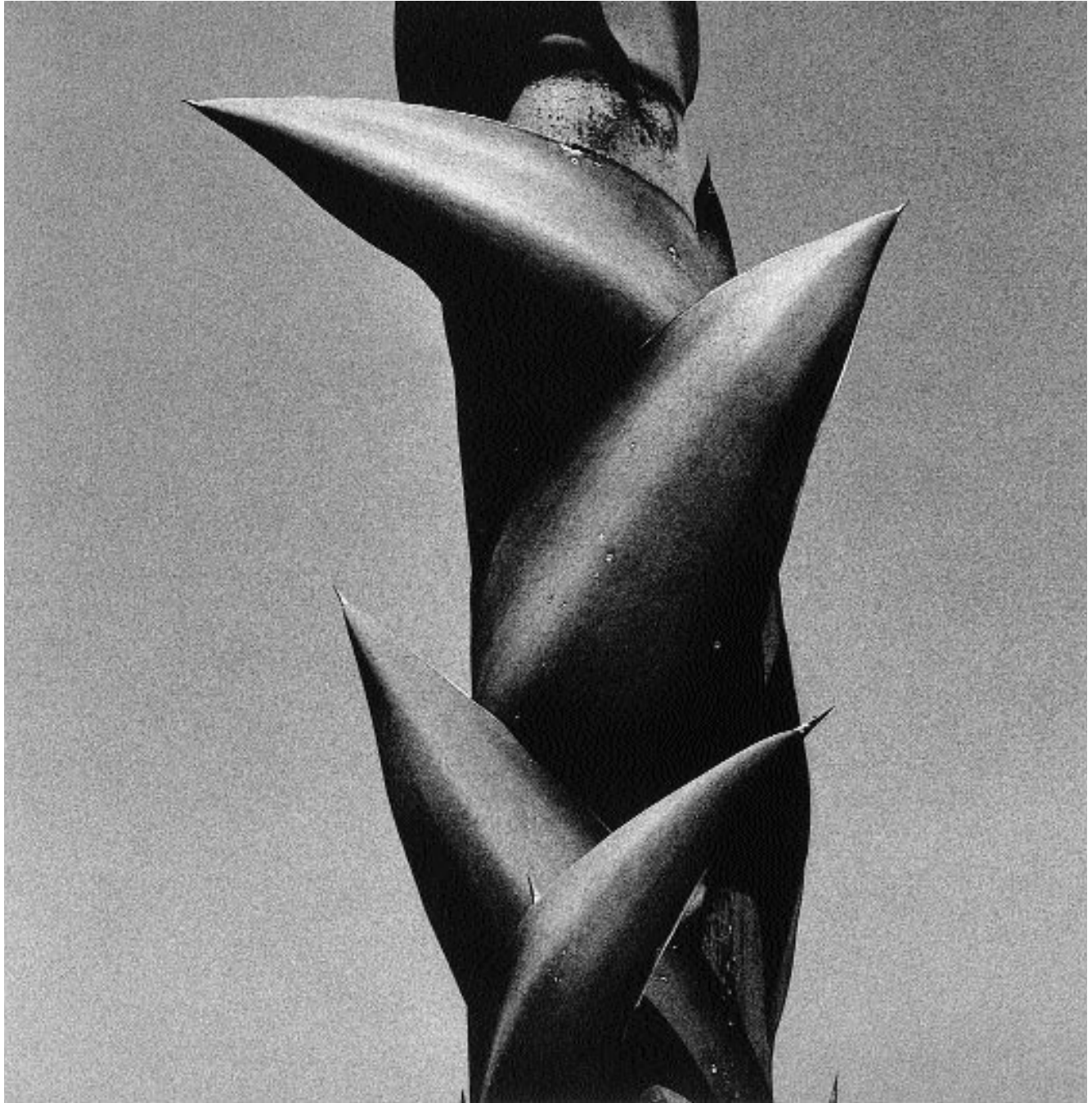
A mi parecer, este proceso no ocurre de manera simultánea. En la dinámica actual de la ciencia es difícil establecer cuándo el grado de desarrollo de una idea, un marco conceptual, o una síntesis de conocimientos ha alcanzado un grado de madurez tal, que amerite considerarlo como un nuevo paradigma. La delimitación exacta de los alcances de la ciencia no está definida en un libro de texto o por un científico. El alcance de los consensos no siempre es uniforme en la comunidad científica. Diferentes historias, políticas e intereses entran en juego, y es en esta matriz social, determinada bajo una serie de situaciones particulares, en donde se inician las modificaciones de las teorías que eventualmente pueden

llegar a sustituir a los paradigmas dominantes.

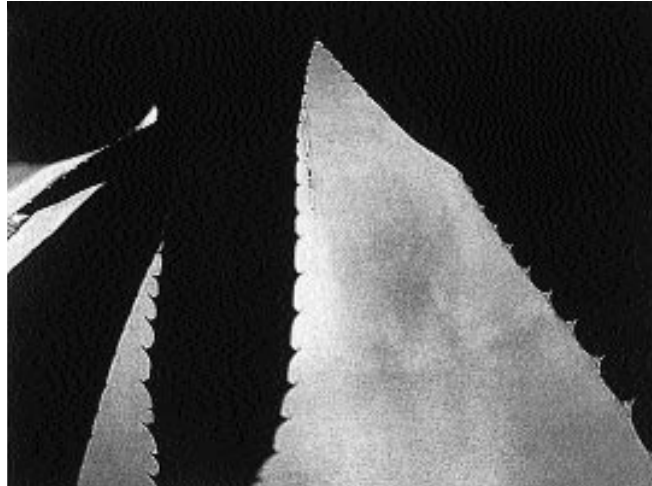
Una de las preocupaciones de los filósofos e historiadores de la ciencia es, justamente, explicar cómo se generan los nuevos paradigmas y cómo son sustituidos. Existen varias posturas interesantes al respecto. Sin embargo, partimos del hecho de que en la ciencia, al acumularse un conjunto de soluciones científicas, se generan constantemente nuevos paradigmas, que se sintetizan en un marco teórico y que a su vez alcanzan un consenso sobre su validez en la comunidad científica.

Es posible realizar un análisis retrospectivo y delimitar el surgimiento, desarrollo y culminación de una teoría en particular. En la biología, por ejemplo, la teoría sintética de la evolución —una de las más importantes del siglo xx—, generó un paradigma al sustituir las ideas previas y marcar las rutas de investigación en muchos campos de las ciencias naturales. La

en **ecología**



KEN OYAMA



teoría neutra de la evolución molecular constituye un caso más reciente, en el que el planteamiento de una nueva hipótesis, con una nueva explicación de la teoría misma de la evolución biológica, se ha establecido como un nuevo paradigma.

En síntesis, el quehacer científico constituye una actividad humana sumamente dinámica, que cambia constantemente e incorpora la mayor cantidad de conocimientos para explicar los fenómenos que ocurren en la naturaleza, sus procesos y patrones, sus mecanismos, sus concatenaciones y su complejidad.

En la actualidad se habla de una crisis ambiental sin precedentes, que pone en riesgo la existencia misma de la vida sobre el planeta. Hay una preocupación legítima por la salud ambiental de los ecosistemas y su destino, y se pregunta a los científicos sobre el futuro de la vida en la Tierra, sus predicciones y tendencias. Así, se habla sobre ecología, una y otra vez, muchas veces sin entender plenamente su significado. En este contexto, la ecología, como rama de la ciencia que estudia la interacción de los organismos con su ambiente, ha sufrido una serie de transforma-

ciones conceptuales y metodológicas sin precedentes.

Los nuevos paradigmas y las fronteras de investigación en ecología se pueden ubicar, en primer lugar, en el hecho de que muchos de los problemas irresueltos en la investigación ecológica se intentan resolver combinando conceptos y métodos que provienen de diferentes disciplinas (existe una fuerte tendencia a la multi e interdisciplina). En segundo lugar, el reconocimiento de los sistemas naturales organizados en niveles dentro de un sistema jerárquico ha permitido distinguir los procesos ecológicos propios de cada nivel y su relación con otros niveles (la transescalaridad de los fenómenos ecológicos es una parte de esta teoría de las jerarquías). Y en tercer lugar, el análisis de los sistemas complejos, como una forma más precisa de estudiar los sistemas naturales, reconociendo que éstos no son siempre lineales que poseen múltiples estados de equilibrio, presentan mecanismos de autorregulación que no son predecibles ni reversibles, y cuyos procesos ocurren a distintas escalas. La necesidad de estudiar los sistemas naturales como sistemas complejos no es nueva, pero existe una

nueva formalización en sus conceptos, teorías y aplicaciones.

Además, en el campo de la ecología existe una fuerte tendencia a considerar que los sistemas naturales no son completamente independientes de los sistemas sociales. El análisis de la influencia de las distintas actividades humanas en los sistemas naturales indica que la interacción sociedad-naturaleza presenta nuevas propiedades emergentes que deben ubicarse bajo nuevos paradigmas.

Estos cambios en la conceptualización de un sistema natural no son necesariamente nuevos, aunque el reconocimiento de los sistemas ecológico-sociales sí nos conduce, tanto a una nueva síntesis en la teoría ecológica como a nuevas agendas de investigación para solucionar los problemas de la llamada crisis ambiental.

Las nuevas disciplinas

Una revisión de la literatura ecológica de los últimos diez años nos indica que han surgido nuevas disciplinas relacionadas con la ecología. Esto es realmente sorprendente, si consideramos que hace unos veinticinco años sólo se hablaba de escasas disciplinas,

como ecofisiología, ecología-genética, ecología del comportamiento, ecología evolutiva o ecología humana.

En la actualidad podemos reconocer dos grandes grupos de disciplinas. Por un lado, la ecología relacionada con otras disciplinas de la biología, como la ecología molecular, ecología funcional, ecología histórica, ecología comparativa, macroecología, ecología del paisaje, ecogeografía, ecología global, etcétera. Por el otro, con disciplinas sociales como la economía ecológica, etnoecología, ecología urbana, ecología industrial, etcétera. Y finalmente, el papel de la ciencia de la ecología en los temas de manejo de ecosistemas y sus recursos, en donde distintas disciplinas sustentan la teoría de la conservación, restauración, el control y el aprovechamiento de los recursos naturales.

Este panorama nos indica que el desarrollo de la ecología ha sido un pivote sobre el cual se han generado nuevos campos, tratando de plantear nuevos problemas de investigación y la solución de aquellos que afectan seriamente a la humanidad, generando nuevas disciplinas en este fin de milenio.

Ecología molecular

El desarrollo y aplicación de métodos y teorías de la biología molecular a la ecología ha generado un nuevo enfoque de investigación, y sintetiza adecuadamente la emergencia de nuevas explicaciones a preguntas pendientes en la ecología. La aplicación de las herramientas conocidas como marcadores moleculares y los nuevos métodos de análisis genealógico y filogenético han constituido, en conjunto, un nuevo enfoque de investigación que ha revolucionado las ideas predominantes en subdisciplinas tan importantes como la ecología evolutiva y la ecología del comportamiento. La amplitud y el tipo de problemas que pueden ser atacados por esta combinación de áreas son múltiples, ya que van desde el descubrimiento de las bases genético-moleculares de caracteres morfológicos y funcionales, hasta la reconstrucción histórica de linajes evolutivos.

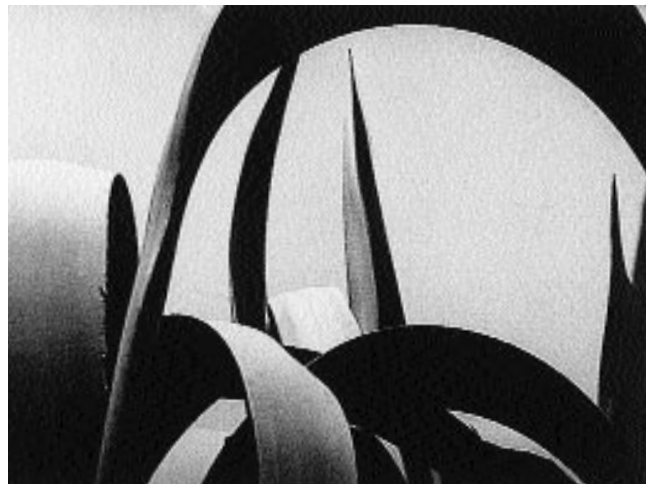
En menos de una década, algunos de los temas de la ecología molecular han sufrido modificaciones importantes en su interpretación, e incluso se prevén cambios importantes en sus respectivos marcos teóricos. Con el uso de los marcadores moleculares se

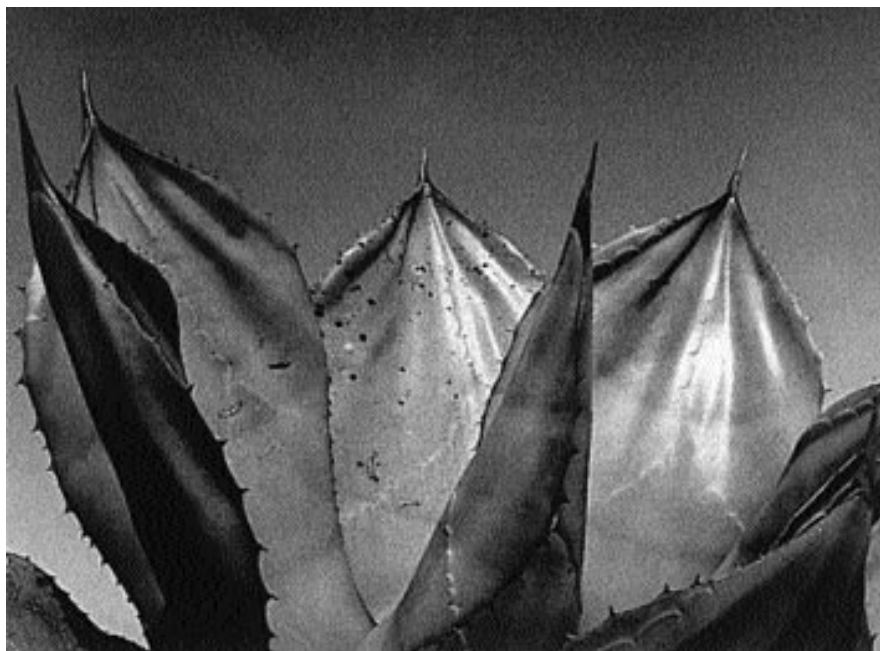
han logrado detectar patrones distintos a los observados previamente en problemas como la caracterización de la individualidad en especies con sistemas de reproducción combinados, la estructuración espacial de su diversidad genética, el flujo de genes, la determinación de los patrones de paternidad múltiple, los procesos de selección sexual, los procesos de especiación como la hibridación y la introgresión, la genealogía de haplotipos y su distribución geográfica, etcétera.

La ecología de las poblaciones

Una de las vertientes clásicas de la ecología es el estudio de las poblaciones. La mayoría de los modelos aceptados en ecología hacen referencia al comportamiento de las poblaciones y a sus interacciones. Los modelos de crecimiento poblacional de interacciones (depredador-presa, competencia, mutualismos, etcétera) han dominado el ámbito de la ecología de las poblaciones. Este desarrollo ha sido tal, que algunos autores consideran que esta disciplina ya ha alcanzado a resolver sus problemas más importantes.

A nivel poblacional se han acumulado tantas evidencias, que existe una base de datos sobre la dinámica de





más de mil ochocientas especies de animales. A esta información se le conoce como la “Base de datos de la dinámica poblacional global” e incluye más de cuatro mil quinientos registros de la abundancia de las poblaciones de diferentes grupos taxonómicos a lo largo del tiempo y en el mundo. Esto brinda, por primera vez en la historia, una excelente oportunidad para analizar y encontrar patrones ecológicos de la dinámica de las poblaciones animales.

Los estudios sobre las interacciones de las especies se enfocaron durante mucho tiempo a entender la dinámica de una interacción en una localidad. Los modelos de coevolución que se produjeron a partir de estos estudios fueron muy aceptados en la teoría ecológica. Sin embargo, el surgimiento de las hipótesis de la especialización local y del mosaico geográfico de las interacciones, las cuales incorporaron la heterogeneidad ambiental espacial, el contexto geográfico y las interacciones múltiples, rom-

pieron con la idea de las presiones selectivas recíprocas de los interactuantes y pusieron en cuestionamiento la teoría de coevolución estricta. En la actualidad, se acepta la hipótesis de la coevolución difusa como la más plausible para explicar las interacciones antagónicas y mutualísticas de las especies.

Otra de las nuevas líneas de la ecología de las poblaciones es el estudio de las metapoblaciones, es decir, de conjuntos de poblaciones. El contexto del paisaje incorpora este enfoque a su análisis, para lo cual se integran dos niveles de organización, una escala espacial regional que se extiende a la dinámica de la interacción de los componentes no sólo de tipo demográfico, sino de la conectividad a través de tasas de dispersión y flujo de genes entre poblaciones.

Estos tres casos ilustran cómo el análisis de las poblaciones en otras dimensiones y con otros enfoques sentarán nuevos paradigmas en uno de los campos clásicos de la ecología.

El funcionamiento de las comunidades y los ecosistemas

La visión holista e integradora de la ecología contemporánea ha resaltado la necesidad de enfocar las investigaciones desde otra perspectiva. Un ejemplo son las investigaciones de las interacciones bióticas, que pretenden entender la dinámica de la matriz que éstas constituyen en una comunidad. Los modelos de dos especies sólo sirven como un marco de referencia, ya que al incluir más, la dinámica y los resultados de las interacciones cambian cualitativamente. Los efectos de las causalidades ascendentes y descendentes de interacciones de distintos grupos taxonómicos ubicados en distintos niveles tróficos, ilustran claramente que las relaciones entre las especies no son lineales. La diversidad de interacciones tiene una influencia muy importante en la estabilidad, la capacidad homeostática y la resiliencia de las comunidades naturales. Ante una alteración en un ecosistema, como la

extinción de una especie o un evento episódico ambiental, la respuesta de éste depende de la compensación que se pueda llevar a cabo en las funciones esenciales del mismo. Parte de estas funciones las desempeñan las interacciones de los componentes del ecosistema. La comprensión de esta problemática permitirá entender el papel de los grupos funcionales, los gremios ecológicos, los procesos de colonización y extinción de las especies, el papel de las especies clave y la capacidad de recuperación de los ecosistemas.

Los componentes no descubiertos de las comunidades

En muchas ocasiones, la investigación científica presenta sesgos, ya sea por el interés particular de la comunidad de científicos que desean entender ciertos fenómenos, por las limitaciones tecnológicas que impiden el estudio de algunos componentes, o simplemente porque existen serios prejuicios y se investiga

sólo para constatar las ideas predominantes.

Este es el caso de los componentes de las comunidades que no han sido estudiadas con la misma intensidad: el suelo y el dosel.

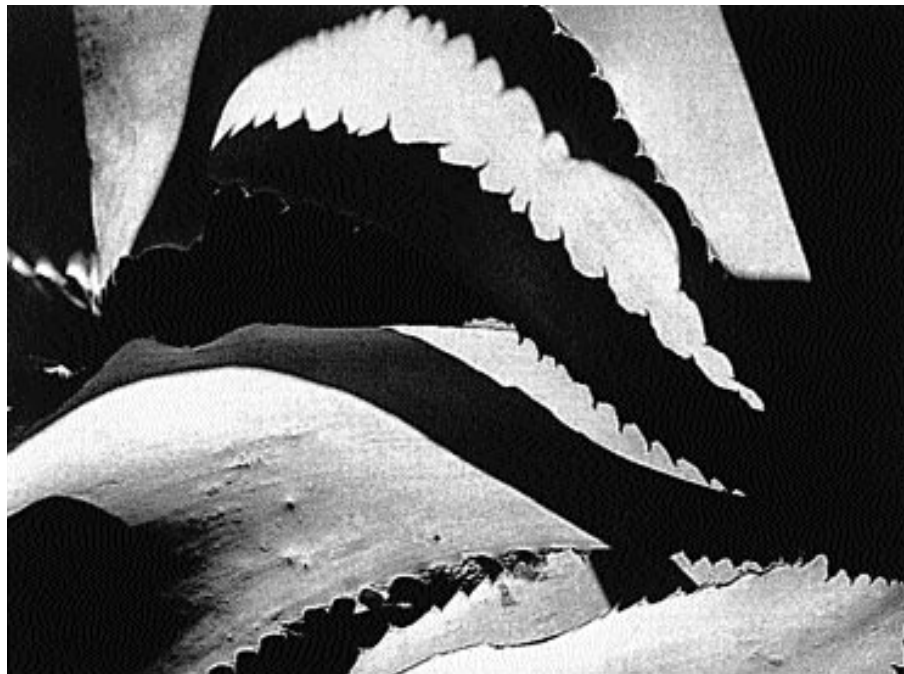
El análisis ecológico del suelo ha recibido mucha atención por la importancia agrícola y la necesidad de producción de alimentos para el mantenimiento de la vida humana. Constantemente se escucha la existencia de problemas como la erosión del suelo, el agotamiento de nutrientes en suelos de cultivo, etcétera. Sin embargo, en los sistemas naturales terrestres todavía no se descubre, cabalmente, la riqueza biológica ni se han documentado las funciones ecológicas de los elementos del mismo. Se dice que existen millones de organismos, desde bacterias hasta vertebrados, que constituyen y funcionan como un ecosistema sumamente complejo.

El otro componente es el dosel, el cual puede albergar miles de indivi-

duos y cientos de especies en un sólo árbol tropical. La relevancia de su estudio radica en que muchos de los procesos ecológicos fundamentales ocurren en esta capa. La ecología de las epífitas (orquídeas, bromelias, etcétera), de las lianas y plantas trepadoras, los análisis fenológicos, de polinización, de acumulación de biomasa, fotosíntesis, etcétera, se ubican en el dosel. Al igual que el suelo, éste cumple funciones muy importantes en los sistemas naturales, como la regulación de los ciclos biogeoquímicos, las modificaciones en el ciclo hidrológico, la renovación de nutrientes, la descomposición de desechos, la regulación de poblaciones, de plantas y animales, entre otros.

La ecología global

Las diferentes problemáticas ambientales que se han identificado a nivel global se deben al desarrollo de modelos y métodos como la informática, la percepción remota y los sistemas de información geográfica. Esta trilo-



gía ha demostrado un planeta en dimensiones no descritas con anterioridad ni con tanta precisión y claridad. Los efectos de los procesos regionales o globales sobre los locales han resultado ser muy importantes. La dinámica del flujo de nutrimentos o minerales no se puede estudiar como un sistema cerrado, ya que el impacto de fenómenos meteorológicos a nivel global rompe con la dinámica de los componentes de un ecosistema.

Se habla entonces de la ecología global, ya que procesos que ocurren en una región pueden tener influencia en otras, como es el caso de los efectos del cambio climático y todos sus fenómenos asociados. Muchos fenómenos catastróficos para el ser humano como los huracanes y ciclones son eventos raros, pero pueden predecirse con cierta certidumbre si son estudiados a escala global y a largo plazo.

En términos de los problemas de la conservación biológica ha sido posible hacer estimaciones de las tasas de deforestación en diferentes partes del planeta. Los estudios de biodiversidad a nivel mundial permiten detectar las zonas de prioridad para su conservación, ya no sólo en beneficio de un país o región, sino de toda la humanidad. Las predicciones sobre los escenarios futuros no podrían realizarse sin tener este panorama global de salud de los ecosistemas.

En busca de procesos y patrones

La Macroecología

Algunos ecólogos han identificado la necesidad de incluir escalas espaciales y temporales de mayores dimensiones, y de integrar los avances de disciplinas como la biogeografía, paleobiología y sistemática para descu-



brir los patrones que ocurren en la naturaleza. Este enfoque pone más énfasis en el análisis de los patrones estadísticos que en las manipulaciones experimentales. En su concepción filosófica rechaza los enfoques reduccionistas y busca estudiar los patrones y procesos emergentes y la extensión de su aplicación a nivel geográfico. Considera los sistemas complejos como objetos de estudio y esto, a su vez, determina las características de sus programas de investigación, en donde las comunidades y su ensamblaje de organismos definidos, tanto por su identidad taxonómica como por su similitud ecológica, son usados en estudios macroecológicos. El objeto de estudio puede ser un grupo funcional, un gremio ecológico, grupos de formas de vida o linajes evolutivos. Las escalas son regionales y globales y los periodos que se consideran van desde décadas hasta millones de años. Incluye, por tanto, los componentes de la historia evolutiva de los grupos taxonómicos involucrados.

Curiosamente, la macroecología pretende contestar preguntas científicas básicas de la ecología, como la abundancia, distribución y diversidad de las especies, en la búsqueda de los procesos que producen patrones y que no pueden ser obtenidos utilizando un enfoque experimental. Intenta así buscar la síntesis de los procesos a diferentes niveles de orga-

nización, desde los individuos hasta las comunidades y biotas regionales, de los procesos y patrones a diferentes escalas temporales y espaciales, y pretende generar una teoría que sintetice disciplinas tan disímiles como la ecología, la biogeografía, la sistemática, la macroevolución y las ciencias de la Tierra. Además, pretende conjuntar teorías y enfoques de la teoría de las jerarquías, así como de sistemas complejos y evolutivos. Sin duda, la macroecología pretende cubrir una meta muy ambiciosa, aunque cabe señalar que muchos de sus planteamientos son viejas propuestas teóricas y metodológicas ahora cubiertas por una sombrilla llamada macroecología. El énfasis de las escalas espaciales y temporales, por ejemplo, no es exclusivo de los enfoques macroecológicos, sino que es un común denominador de los nuevos enfoques de investigación en ecología.

Las escalas espaciales y temporales

La ubicación de los sistemas naturales en el espacio y de los procesos biológicos en unidades organizadas jerárquicamente, nos obliga a disectar los procesos ecológicos en cada una de estas escalas. Se ha demostrado que los sistemas naturales presentan variaciones temporales que sólo pueden ser detectadas en estudios a largo plazo. En este sentido, existe una red mundial de grupos de investigación (*Long-Term Ecological Research*) en donde se ha planteado realizar estudios comparativos ubicando el análisis en escalas temporales de varios años.

Estos estudios incluyen el monitoreo de múltiples parámetros físicos asociados a los procesos biogeoquímicos y a los regímenes climáticos, la observación de interacciones bióti-

cas de las especies y el seguimiento de poblaciones de especies que intervienen en la formación de redes de relaciones que afectan a otros componentes de los ecosistemas. Además, incluyen manipulaciones experimentales de diversos componentes para tratar de conocer el papel de las especies clave en el mantenimiento de la diversidad biológica y sus consecuencias ecosistémicas. La remoción continua de especies clave, de grupos de especies funcionales o gremios ecológicos ha permitido, por ejemplo, entender mejor la dinámica de los sistemas naturales complejos.

La pregunta que surge es, ¿qué tipo de cambios importantes se han pro-

ducido en la teoría ecológica al incorporar las dimensiones de las escalas espaciales y temporales? En el caso de la dinámica de las poblaciones y la composición de especies de una comunidad —teórica y experimentalmente— se ha demostrado que están determinadas por la limitación de recursos en el sistema y la competencia interespecífica. La predicción es que en condiciones de recursos limitados, causadas por bajas precipitaciones, por ejemplo, la abundancia y la distribución de las especies se verán afectadas negativamente. Sin embargo, al tratar de probar esta hipótesis en sistemas naturales más extensos y bajo periodos de observación más largos,

se ha encontrado que los regímenes de precipitación son variables en el tiempo y presentan relaciones que no son lineales, que no siguen directamente con las fluctuaciones poblacionales. En la regulación de las poblaciones intervienen otros factores como la depredación y el almacenamiento de recursos. Además, las interacciones aparentemente indirectas pueden desencadenar efectos en cascada impredecibles y con mayores consecuencias, dada la compleja matriz de interacciones de grupos taxonómicos que forman parte de una comunidad determinada.

En estudios de largo plazo se puede observar cómo los cambios en el



comportamiento de ciertos organismos están ligados a fenómenos globales como el cambio climático. Las oscilaciones en la precipitación pueden estar regulando la proporción de plantas que poseen distintas fisiologías para la absorción de carbono y, esto a su vez, puede tener repercusiones en los cambios numéricos de las poblaciones que dependen de estas especies, como es el caso de herbívoros y polinizadores. Los cambios de temperatura pueden afectar severamente a las poblaciones e incluso ocasionar extinciones locales de especies. El análisis en este contexto temporal y espacial es lo que permite detectar patrones que ocurren a nivel planetario.

Los determinantes históricos de las comunidades

Uno de los problemas más importantes en la ecología de las comunidades es la explicación del origen y el mantenimiento de la diversidad biológica que compone a una comunidad determinada. En años recientes se ha planteado la necesidad de entender tres elementos históricos: el origen del lugar, del linaje y de los procesos macroevolutivos.

Se parte de la idea de que el componente histórico no sólo es el escenario en el cual ocurren los fenómenos ecológicos, sino que proporciona argumentos para explicar dichos procesos. En estos análisis, por medio de la incorporación de investigaciones

paleontológicas y paleoecológicas, se pretende reconstruir el origen de los lugares en donde pudieron existir los organismos. Conocer la historia de los linajes evolutivos de los grupos taxonómicos que componen una comunidad contemporánea por medio del establecimiento de hipótesis filogenéticas y genealógicas es muy relevante, ya que en gran medida el funcionamiento de los gremios ecológicos y la explicación de la composición de las comunidades naturales se debe al origen de éstos. Finalmente, algo que parecía imposible hace algunas décadas es posible en la actualidad gracias a la aplicación de hipótesis macroevolutivas, entre las cuales se encuentra la selección de especies o las



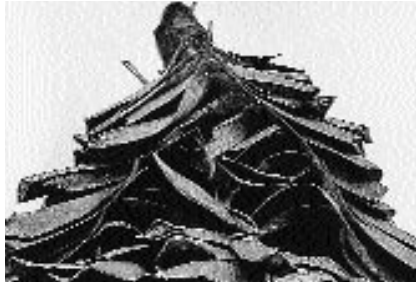
tasas diferenciales en su formación, y la extinción de los grupos taxonómicos en investigaciones ecológicas.

Sin duda, el conocimiento de los determinantes históricos de los sistemas naturales nos eleva a una dimensión evolutiva en las explicaciones ecológicas. Hace ya tres décadas, un famoso ecólogo teórico se planteaba la pregunta, ¿cómo evolucionan los ecosistemas? Pero pocos científicos se atrevían a elaborar una argumentación, ya que se veían grandes brechas teóricas y sobre todo metodológicas. Hoy en día, estamos cerca de elaborar marcos conceptuales para responderla.

¿Sistemas ecológico-económico-sociales?

En los análisis de los sistemas naturales existe cada vez más la tendencia a reconocer que los ecosistemas están constituidos por dos componentes: los biológicos y los sociales. La existencia, el funcionamiento y el mantenimiento de los sistemas naturales no pueden explicarse sin tomar en cuenta la influencia del hombre y su amplia gama de actividades (tanto actual como histórica). Sin embargo, el análisis de los sistemas naturales se complica al incorporar al hombre, ya que se incrementa el grado de impredecibilidad. El estudio de la relación entre sistemas naturales y sistemas sociales es conocido como ecología humana. En la actualidad se reconocen interacciones de la ecología, la antropología, la política, la economía, la historia, la sociología, y la arquitectura, entre otras.

Las interacciones hombre-naturaleza son sumamente variables y obedecen a otras leyes y a otra lógica. Es por esto que existe una fuerte reticencia tanto de científicos naturales co-



mo sociales a aceptar los sistemas integrados, ecológico-sociales. Sin embargo, se hace una serie de esfuerzos valiosos por tratar de desarrollar marcos conceptuales, modelos o simples planteamientos, integrando elementos ecológicos, económicos, sociales e incluso culturales.

La economía ecológica

Dentro de la teoría económica ha surgido una fuerte escuela de pensamiento que intenta inscribir un nuevo modelo de desarrollo humano que no esté basado exclusivamente en la economía de mercado. A este nuevo modelo se le ha denominado económico-ecológico y constituye una propuesta muy atrevida, ya que cuestiona profundamente los modelos de desarrollo de las sociedades capitalistas contemporáneas, incorporando el capital social y cultural en adición al capital humano y natural. Parte de la inexistencia de una sustitución perfecta entre el capital natural y el humano, y de la importancia que tiene la consideración de los límites que impone el uso de energía y recursos naturales, así como de sus desperdicios, por lo que es uno de los nuevos paradigmas de los sistemas ecológico-sociales.

En este nuevo modelo de desarrollo se generan complejas relaciones de propiedad, ya que se tiene que hacer compatible la propiedad privada individual con los bienes de propie-

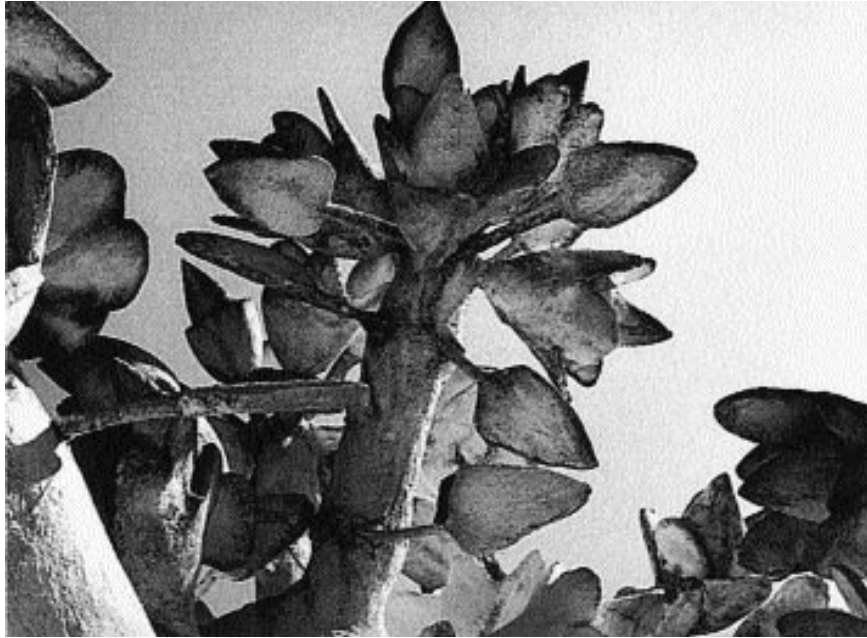
dad común, como puede ser el caso de los bosques, selvas, mares y otros sistemas naturales. También se reconoce tanto la existencia de los bienes y servicios ecológicos que los ecosistemas y sus recursos proveen, como la necesidad de la satisfacción individual y comunitaria (sin causar un daño irreversible al capital natural).

La investigación en esta área se concentra propiamente en líneas como la economía de los recursos naturales, la economía ambiental y la economía ecológica.

El desarrollo sustentable, ¿paradigma o utopía?

El paradigma actual de los sistemas ecológicos-sociales es por excelencia el del desarrollo sustentable. El reconocimiento de que vivimos una crisis ambiental con fuertes repercusiones que hacen peligrar la existencia del planeta mismo ha generado la necesidad de establecer una sociedad sustentable en términos ambientales, sociales y económicos. Existen varias definiciones de desarrollo sustentable, pero todas se acercan a la consideración de un desarrollo que satisfaga las necesidades presentes sin comprometer las necesidades de generaciones futuras, y que mantenga los procesos ecológicos esenciales y los sistemas que soportan la vida, así como sus recursos genéticos y el aseguramiento de la utilización de las especies y ecosistemas.

Es importante recalcar que el tema del desarrollo sustentable ha generado una gran discusión. Para algunos autores es una utopía alcanzar dicho desarrollo, porque los modelos obedecen a las leyes de mercado y éstas rara vez han sido compatibles con la conservación de los ecosistemas y sus recursos. En las economías



capitalistas ha existido una fuerte tendencia a la explotación secuencial del capital natural sin ningún criterio de tipo sustentable. La incorporación de un criterio ecológico a la sustentabilidad genera nuevos imperativos que no pueden ser resueltos bajo la lógica del mercado, ya que se requiere una nueva visión del manejo de los sistemas naturales y una nueva actitud. Se dice que más que una meta, el desarrollo sustentable es un proceso, en donde las experiencias humanas diarias deben incorporarse para crear nuevos sistemas. En esta lógica se puede insertar no sólo una nueva agenda de investigación, sino una nueva posición.

Nuevas agendas de investigación

Distintas organizaciones y sociedades científicas en el mundo han definido nuevas agendas de investigación como resultado de su preocupación por resolver los grandes problemas ambientales que aquejan a la humanidad. Hace casi una década, la Sociedad Americana de Ecología propuso una

agenda llamada “Iniciativa de una biósfera sustentable”, en donde se presentan las necesidades de investigación científica para un manejo inteligente de los recursos de la Tierra y el mantenimiento de los sistemas que soportan la vida.

Las prioridades de la investigación se concentran en tres puntos: el cambio climático, la diversidad biológica y los sistemas ecológicos sustentables. En cada uno de ellos se presentan las preguntas de frontera y los problemas más relevantes que hace falta investigar. Una muestra de los temas a trabajar son: 1) las causas y consecuencias del cambio climático global, su influencia en procesos ecológicos clave de los ecosistemas y en la diversidad biológica; 2) las consecuencias ecológicas de la degradación de los sistemas naturales, sus límites y capacidad de recuperación; 3) las consecuencias evolutivas de los cambios ambientales y antropogénicos; 4) los cambios en la diversidad biológica y sus consecuencias en la estabilidad y resiliencia de los eco-

sistemas; 5) el conocimiento de los patrones de diversidad a nivel mundial, incluyendo las especies con distintos niveles de vulnerabilidad y rareza; 6) la investigación de los procesos de restauración ecológica y los indicadores de las respuestas de los ecosistemas a perturbaciones y estrés; 7) la comprensión y aplicación de los principios para establecer sistemas ecológicos manejables; y 8) la determinación de los principios que provocan enfermedades y los mecanismos de dispersión de los vectores de estas epidemias.

En agendas como la de la conservación de la biodiversidad se establecen regiones prioritarias a nivel mundial, como los denominados “focos rojos de diversidad”, con el fin de priorizar la conservación de especies endémicas y detener la destrucción de ecosistemas naturales. Otras tienden más bien a realizar un diagnóstico sobre la salud ambiental del planeta por medio de programas financiados por la Naciones Unidas para conocer el estado de los ecosistemas naturales del mundo.

Estas agendas y programas de investigación son interesantes y generan una serie de preguntas realistas para avanzar no sólo en el entendimiento de los procesos ecológicos, sino en cómo éstos pueden servir para coadyuvar a preservar, manejar y construir los sistemas naturales.

La comunidad científica mexicana debería elaborar una agenda que sirva para delinear la investigación científica ecológica del país. Esto no debe confundirse con las agendas gubernamentales o con los discursos de políticos y funcionarios científicos, sino con un verdadero programa de investigación elaborado por grupos interdisciplinarios con metas a distintos plazos, que nos permita no sólo contribuir al conocimiento científico, sino construir una línea propia de investigación ecológica sustentable del país.

Hacia una nueva ecología

A lo largo de la historia de la Tierra han ocurrido muchos eventos catas-

tróficos de diferente magnitud, que van desde la tectónica de placas y la conformación de los continentes hasta cambios climáticos regionales, durante los cuales se han extinguido millones de especies. Sin embargo, en años recientes muchos de los ecosistemas se han visto alterados y miles de especies han desaparecido a causa de las actividades humanas. Para poder entender, controlar y predecir estos cambios en los sistemas naturales, las investigaciones ecológicas básicas son fundamentales. Asimismo, es importante resaltar la necesidad de adoptar una posición académica, filosófica y política sobre la naturaleza de los sistemas ecológicos-sociales. El avance de la investigación en ambas direcciones nos permitirá ir construyendo no sólo una nueva teoría científica de la ecología, sino la elaboración de políticas para la solución de los problemas ambientales.

Para que realmente se alcance el desarrollo de sistemas sustentables

en sus dimensiones ecológicas, sociales y políticas, esta "nueva ecología" deberá de permear a todos aquellos que tengan poder de decisión en diferentes ámbitos, ya que no se puede alcanzar del desarrollo sustentable con los niveles de desigualdad e injusticia que prevalecen bajo los actuales modelos de desarrollo económico. Es imposible el alcance, la preservación y el manejo de los ecosistemas naturales de manera sustentable sin que existan políticas universales y nuevos modelos de desarrollo económico y social. Sin la existencia de una nueva cultura, una nueva ética y una nueva actitud hacia los problemas esenciales de la convivencia humana no será posible alcanzar un buen estado ambiental. No podemos continuar ignorando la relevancia de los problemas ecológicos ante el grave deterioro de la calidad de vida de la humanidad. 📌

Ken Oyama

Instituto de Ecología,
Universidad Nacional Autónoma de México.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Allen, T. F. H. y T. W. Hoekstra. 1992. *Toward a Unified Ecology*. Columbia University Press, Nueva York.

Awise, J. C. 1994. *Molecular Markers, Natural History and Evolution*. Chapman & Hall, Nueva York.

—. 2000. *Phylogeography*. Harvard University Press, Harvard.

Berkes, F. y Folke C. (eds.) *Linking Social and Ecological Systems. Management Practices and Social Mechanisms for Building Resilience*. Cambridge University Press, Cambridge.

Brown, J. H. 1995. *Macroecology*. The University of Chicago Press, Chicago.

— et al. 2001. "Complex Species Interactions and the Dynamics of Ecological Systems: Long-term Experiments", en *Science*, núm. 293.

Costanza, R. 2001. "Visions, Values, Valuation and the Need for an Ecological Economics", en *BioScience*, núm. 51.

Eldredge, N. 1985. *Unfinished Synthesis. Biological Hierarchies and Modern Evolutionary Thought*. Oxford University Press, Nueva York.

Enquist, B. J. y K. J. Niklas. 2001. "Invariant Scaling Relations Across Tree-dominated Communities", en *Nature*, núm. 410.

Futuyma, D. J. 1998. *Evolutionary Biology*. Sinauer Associates Inc. Pub. Sunderland, Massachusetts.

Goodland, R. 1995. "The Concept of Environmental Sustainability", en *Annual Review of Ecology and Systematics*, núm. 26.

Hanski, I. A. y M. E. Gilpin. 1997. *Metapopulation Biology. Ecology, Genetics, and Evolution*. Academic Press, San Diego.

Lubchenco, J. et al. 1991. "The Sustainable Biosphere Initiative: an Ecological Research Agenda", en *Ecology*, núm. 72.

Myers, N. et al. 2000. "Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities", en *Nature*, núm. 403.

Oyama, K. y A. Castillo (eds.). 2002. *Manejo, conservación y restauración de los recursos naturales.*

Perspectivas desde la investigación científica. Siglo XXI. México (en prensa).

Pérez Ransanz, A. R. 1999. *Kuhn y el cambio científico*. FCE, México.

Pimm, S. L. et al. 2001. "Can we defy Nature's End?", en *Science*, núm. 293.

Thompson, J. N. 1994. *Coevolutionary Process*. The University Chicago Press, Chicago.

— et al. 2001. "Frontiers of Ecology", en *BioScience*, núm. 51.

Vitousek, P. M. et al. 1997. "Human Domination of Earth's Ecosystems", en *Science*, núm. 277.

IMÁGENES

Mariana Yampolsky, p. 21: *Columna salomónica*, Sierra de Puebla, s/f; p. 22: *Magüey de sombras*, Ixtacamati-tla, 1990; p. 23: *Arco y punta*, Valle del Mezquital, s/f; p. 24: *Agave de papel*, Ixtacamati-tla, 1991; p. 25: *Magüey rizado*, Estado de México, 1989; p. 26: *La penca aguda*, Hidalgo, s/f; p. 26: *La penca aguda*, Hidalgo, s/f; p. 27: *Filigrana*, Oaxaca, s/f; p. 28: *Bucle*, Cantona, s/f; p. 29: *Magüey rizado*, Hidalgo, 1989; p. 30: *Árbol de concreto*, Aguacati-tla, 1995.