

## ¿QUÉ ES LA ECOLOGÍA?

Fernando Vite González\*

El término ecología, o cualquiera de sus derivados (ecológico, ecologista, etc.), es algo que escuchamos prácticamente a diario. ¿Pero que es realmente la ecología?, ¿cuál es su historia?, ¿Cuál ha sido su desarrollo en México?, ¿Por qué el término se ha hecho tan popular?, ¿en qué puede contribuir a la solución de los problemas ambientales que nos aquejan? Intentaré dar una breve respuesta a estas preguntas.

La ecología antes que otra cosa, es una disciplina científica, y como tal, sus objetivos, método general de trabajo y alcances, no difieren, en esencia, de los de otras disciplinas como la astronomía, la geología, las fisiología y la genética, por mencionar unas cuantas. Por lo que toca a sus objetivos específicos, a sus objetos de estudio particulares, y a los enfoques y métodos desarrollados para llevar a cabo sus propósitos, trataré el tema desde una perspectiva histórica.

### **Raíces y ramas de la ecología**

El término ecología fue propuesto en 1866 por Ernst Haeckel (1834–1919),<sup>1</sup> conocido por los biólogos no tanto por sus contribuciones en este campo de estudio, sino más bien, por divulgar la teoría de la evolución de Darwin y hacer interesantes pero atrevidas especulaciones sobre la evolución en general, como la implicada en su famosa Ley Biogenética Fundamental, resumida en el aforismo “la ontogenia recapitula a la filogenia”. Haeckel también fue célebre por proponer una vasta terminología con eufónicas raíces griegas, entre las que se encuentra, por ejemplo, *plankton* y, precisamente, ecología, que derivó de griegos *oikos* (casa, justamente la misma raíz de la que se deriva economía) y *logos* (tratado, descripción). La definición de ecología de Haeckel fue: “... la ciencia de las relaciones del organismo con el medio ambiente, incluidas, en sentido amplio, todas las condiciones de existencia”.<sup>2</sup>

¿La ecología empieza cuando Haeckel le pone nombre y la define?. Como frecuentemente sucede en estos casos, la respuesta a esta pregunta no puede ser un simple sí o no. Veamos por qué: La ecología tiene sus más profundas raíces en la historia natural. Pero, aparte de imaginarnos que esta última puede ser, genéricamente, una disciplina o actividad (y lo es), ¿qué es específicamente historia natural? Dado que este término ha sido utilizado, explícitamente, al menos desde Plinio (23–79 d. C.), y hasta la fecha, su significado y connotaciones han variado mucho con cada época, cultivador y analista de la disciplina. En consecuencia, una de las pocas definiciones que hay al respecto (de hecho la única que tengo a la mano) la considera como “el estudio de la naturaleza, los objetos y fenómenos naturales”.<sup>3</sup>

---

\* Profesor Asociado de tiempo completo del Departamento de Biología de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Iztapalapa. Profesor de Asignatura de Ecología General I en la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Más precisamente, la entiendo como la descripción de plantas y animales, sobre todo en cuanto a apariencia externa, hábitos, costumbres y relaciones con otros organismos. Las descripciones pueden ser muy diversas en cuanto a nivel de detalle, rigurosidad y originalidad. Dado que muchas historias naturales han sido referidas descripciones sobre geofomas, minerales, hidrología, clima, etc., e incluso sobre aspectos antropológicos: características étnicas, lingüística, y sociológicas, y bienes culturales de los grupos humanos de la región. Dos ejemplos de historia natural clásica, y uno de historia natural contemporánea, son, respectivamente, *La historia natural de Selborne* (en Inglaterra) de Gilbert White (1789), el *Achipiélago Malayo* de Alfred Russel Wallace (1869) y la *Historia Natural de Costa Rica* de Daniel Janzen y 174 autores más (1983).<sup>4</sup>

Considero que ha habido al menos cinco etapas importantes en el desarrollo de la historia natural. La de los grandes naturistas de la antigüedad hasta algunos del siglo XVI, comenzando con Aristóteles (384–322 a. C.) y culminando por ejemplo con Ulises Aldrovani (1522–1605). Por el otro, aquella cuyo inicio, marcado simbólicamente en 1657 con la *Historia naturalis quadrupedius* de Johnston (1603–1675), señala, según Foucaultl, el paso de la simple historia a la verdadera historia natural, en la que ya se hace la distinción entre la observación, el documento y la fábula.<sup>5</sup>

La tercera etapa incluye sobre todo a los naturalistas de los siglos XVIII, tanto algunos relativamente poco conocidos, como el ya mencionado Gilbert White (1720–1793), y dos de los monstruos sagrados de la historia de las ciencias biológicas: Linneo (1707–1778), el padre de la taxonomía moderna, y Bufón (1707–1788). El primero hizo historia natural, en una forma cercana a como la he definido antes.<sup>6</sup> Los segundos abarcaron el conocimiento sobre prácticamente todo el mundo vegetal y animal hasta ese entonces conocido.

He hecho esta agrupación porque cada uno de estos naturalistas no sólo hizo observaciones obre especies particulares, sino que llegó además a ideas generales sobre la naturaleza (lo que nos acerca ya a la ecología en su sentido más totalizador). De sus ideas se desprenden conceptos como la economía de la naturaleza, el orden y balance natural, la plenitud de la naturaleza, la armonía de la vida del hombre con la naturaleza, la policía natural, etc., conceptos un tanto confusos y cuyo significado ha variado según quien los haya propuesto o discutido pero que, sorprendentemente, están profundamente asentados en el pensamiento ecologista, de origen relativamente reciente.

La teoría de la evolución por selección natural, porpuesta al mismo tiempo por Charles Darwin (1809–1882) y Alfred Russel Wallace (1823–1913), vulneró los conceptos de orden y armonía natural al plantear que, no solamente el proceso por el que modificaban las especies, sino también aquél por el que perfeccionaban su adaptación al ambiente, era producto de otro proceso, en cierto modo cruel e inexplicable desde un punto de vista pío: la selección natural vía la lucha por la existencia. Bajo estas concepciones era posible, además la extinción de especies, fenómeno inverosímil e incompatible con la idea de plenitud de la naturaleza del siglo XIII. La instauración de

este nuevo paradigma entre los naturalistas del siglo XIX, y los biólogos del XX, marca, desde mi punto de vista, una cuarta etapa en el desarrollo de la historia natural. La quinta será tratada ya como una rama de la ecología.

Ahora podemos dar respuesta a la pregunta planteada al principio de esta sección, aunque de nuevo, no con un simple sí, ni con un simple no. Efectivamente Haeckel propuso un nombre y una definición para algo que en cierto modo ya existía; la historia natural, sobre todo era concebida por los naturalistas de los siglos XVIII y XIX. Pero por otro lado, el desarrollo alcanzado actualmente por la ecología rebasa con mucho las expectativas que al respecto pudo haber tenido el propio Haeckel, no obstante ser un pensador aventurado, y esto, por la simple y sencilla razón de que, como de hecho sucede con todo proceso histórico, tal desarrollo ha sido en gran medida impredecible.

Describir la historia de la ecología como un campo científico unificado, a partir de Haeckel, es difícil, si no es que imposible. Simplemente, desde entonces, pocos naturalistas del siglo pasado utilizaron el término ecología para englobar sus estudios. Más de fondo, está la idea de Margalef, destacado ecólogo marino español, quien ha afirmado que la ecología aún no se consolida como un campo de estudio bien unificado.<sup>7</sup>

Veamos pues, al menos cuáles son y cómo se han desarrollado las actuales ramas, campos o enfoques de la ecología.

### *Historia Natural*

Charles Elton, notable zoólogo británico, definió en 1927 a la ecología, de manera sucinta, como “la historia natural científica”.<sup>8</sup> Esto señala el inicio de la quinta de las etapas en las que he propuesto analizar el desarrollo de la historia natural. Dicha etapa tiene como característica distintiva, precisamente el que mucho del trabajo sobre historia natural actual se haga, o a menos se pretenda hacer, de acuerdo con los principios del modelo que actualmente tenemos de la ciencia, es decir, basado: a) en una definición clara de los problemas a resolver, b) en algunos casos, en la formulación de hipótesis, c) en un adecuado diseño de las observaciones y/o los experimentos. Esto último, pudiéndose evaluar, primeramente en la medida en la que nos aproximemos a la solución de los problemas, pero también en función de que tales observaciones y experimentos sean, al menos idealmente, reproducibles.

Datos objetivos, de preferencia cuantitativos, pueden acercarnos a este ideal de Reproducibilidad, pero la unicidad, o carácter de único, de los sistemas estudiados por los ecólogos, es una seria limitante para ello.

Elton propone que ecología es sinónimo de historia natural. Como veremos más adelante, la ecología, tiene varias ramas o enfoques, no sólo porque yo así lo quiero considerar, sino porque de hecho éstas son reconocibles, la mayoría de las veces explícitamente, en los trabajos de los ecólogos. De tal suerte que, para ser congruentes, propongo que la historia natural debe ser entendida en un sentido más restringido que la ecología en general. Así pues, entiendo a la historia natural actual como la descripción científica de los organismos en cuanto a:

- a) patrones espaciales y temporales de distribución y abundancia, tanto a nivel local, como geográfico
- b) tipos de *habitat* preferidos y características físicas y biológicas de los mismos
- c) formas de crecimiento en plantas y conductas en animales
- d) tipo de alimentos, formas de obtenerlos y competidores de otras especies por éste y por otros recursos
- e) depredadores, parásitos y mutualistas
- f) ciclos e historias de vida\*
- g) capacidades de movimiento y dispersión
- h) etcétera

Acepto que algunas de las anteriores descripciones son un mero instrumento para la elaboración de modelos, o para las pruebas de hipótesis, cuando se abordan problemas en algunas ramas o enfoques de la ecología que en seguida trataremos, y por lo tanto, la distinción entre éstas y lo que denomino historia natural actual, no es tajante. Sin embargo, planteo que mientras que en las otras ramas se utiliza sólo la información sobre historia natural más relevante, en ésta última, como actividad disciplinaria cotidiana, se puede hacer énfasis en la obtención de la información por la información misma, sin necesariamente grandes pretensiones, y que sus programas de observaciones y experimentos pueden ser más extensivos y/o detallados.

Por lo que toca a lo expuesto sobre el enfoque científico vale la pena aclarar que esto cuenta para toda la ecología, pero que es particularmente importante en el caso de la historia natural, ya que ésta ha tenido otros enfoques en toda su larga historia. Así, a diferencia de la historia natural de los siglos XVIII y XIX, la historia actual, del modo en el que la hemos considerado, no se hace con fines puramente recreativos, místicos o religiosos, como lo hicieron Gilbert White y William Paley, por ejemplo, al documentar el orden de las relaciones de los organismos con su ambiente, lo mismo que su diseño corporal, para probar la existencia o sabiduría de Dios. Si algún otro propósito, digamos moral, tiene la historia natural actual, además de simplemente incrementar científicamente

nuestro conocimiento sobre la naturaleza, es el de hacer conciencia sobre los problemas para conservación de la diversidad biológica, pero nada más.

Entre finales del siglo pasado y principios del presente, la historia natural llegó a verse como algo obsoleto, sobre todo ante las grandes teorías unificadoras de la biología, como la teoría celular y el desarrollo de lagunas de sus aplicaciones más impresionantes, como las representadas por el trabajo de Pasteur (1822–1895). Pienso que, en el interior de la ecología, pasó algo similar que con la historia natural actual, en los sesenta y los setenta, sobre todo ante las formulaciones de la ecología de poblaciones, con su imponente lenguaje matemático. Hoy día, la historia natural vuela a cobrar su importancia, sobre todo como medio de subsanar las carencias de evidencia empírica de algunos modelos sobre dinámica e interacciones de las poblaciones (principalmente competencia y depredación), características de historia de vida, coevolución, estructuración de las comunidades naturales, etc.

Por las razones ya mencionadas, el simple término historia natural ha estado en desuso en el campo propiamente científico durante algún tiempo en el presente siglo, quedando restringido para nombrar los museos sobre la naturaleza, así como los compendios de divulgación generales sobre plantas, animales, minerales y demás. Otras denominaciones, como “hacer la biología” o “hacer la ecología”, de tal o cual organismo, o grupo de organismos, vino durante este tiempo a describir esta rama de la ecología. Posteriormente se habló también de autoecología, en los casos en los que explícitamente las descripciones se centraban en organismos o especies individuales. Recientemente hay quienes llaman a esta clase de estudios “ecología del individuo”, sin que en realidad esto aporte nada.

\* Historia de vida es el conjunto de “características del ciclo de vida por el que pasa un organismo, con particular referencia a las estrategias que influyen la sobrevivencia y la reproducción” [Lincoln & Boxshall, op. cit. (la traducción es mía)]. Ejemplos de características de historia de vida son: duración del periodo de vida, edad de la primera reproducción, duración del periodo reproductivo, número, épocas y separación entre los eventos reproductivos en el mismo, intensidad de los eventos reproductivos (en número y biomasa, absoluta y relativa al progenitor, de crías, huevos, semillas, etc), tamaño de crías, huevos, semillas, etc.

### **Relaciones con el ambiente físico y ecofisiología**

Partiendo de la amplísima definición de ecología de Haeckel, en la que, tomada literalmente, nada parece quedar fuera, pues indica que se trata del estudio de las relaciones del organismo con su ambiente, siendo el ambiente “todo” lo que rodea al organismo, muchos biólogos, con la idea de hacer ecología, emprendieron la tarea de estudiar las respuestas fisiológicas de los organismos al ambiente físico. Comenta Margalef que tales estudios apenas si merecen ser considerados ecológicos en sentido estricto, y que más bien pudieran ser llamados “fisiología al aire libre”.<sup>9</sup> No soy tan estricto, pero pienso que quienes desarrollan este campo deben preocuparse por discernir

cuáles de las variables ambientales que estudian, y las respuestas de los organismos que obtienen, son realmente significativas para entender su distribución, abundancia y evolución.

Como argumentaremos más adelante, estudiar las relaciones del organismo con su ambiente por el solo hecho de estudiarlas, como en cierto modo lo implica la definición de Haeckel, no tiene sentido; es una actividad sin propósito. Por otro lado, es innegable que, en muchos casos, el conocimiento de los mecanismos fisiológicos de los organismos, y su relación con el ambiente es un requisito indispensable para enriquecer modelos como los mencionados en el punto anterior.

### **Ecología de poblaciones**

Al menos desde mediados del siglo XVII, en Inglaterra, hubo interés por describir en términos cuantitativos a las poblaciones humanas. En 1662, John Graunt, el padre de la demografía, reconoció la importancia de los censos para medir las tasas de natalidad y mortalidad, y así estimar las tasas potenciales de crecimiento de las poblaciones.<sup>10</sup> Tales intereses han venido en continuo progreso hasta el presente, en el que contamos con una serie de herramientas muy elaboradas para el estudio de las poblaciones, como son los censos, los datos estadísticos, las tablas de vida, el álgebra de matrices y numerosos modelos matemáticos que nos permiten predecir, dadas ciertas condiciones, la dinámica de una población, idealizada como una entidad aislada, o en interacción con sus competidores y sus presas o sus depredadores. Y lo anterior puede hacerse para una población en abstracto, o bien para poblaciones verdaderas de plantas y animales, incluidas las del hombre.

Por sus énfasis en la descripción matemática de las poblaciones, parecería que esta rama de la ecología guarda muy poca relación con la historia natural que, como hemos visto, no sólo es otra de sus ramas, sino su raíz más profunda e importante. Sin embargo, esto no es del todo cierto. Consideremos que una de las constantes preocupaciones de los naturalistas ha sido ofrecer una explicación del por qué los organismos de una determinada especie están presentes, o son muy abundantes, en una localidad o hábitat, mientras que están ausentes, o son raros, en otras. Una explicación general a lo anterior es que las relaciones de los organismos con los factores físicos del ambiente, así como con otros organismos, de su misma y de otras especies, afectan los llamados procesos o parámetros primarios de sus poblaciones (natalidad, mortalidad y migración). Esto se hace explícito en el concepto de ecología de Andrewartha y Krebs, célebres ecólogos australianos de poblaciones, quienes la definen como “el estudio científico de las interacciones que determinan la distribución y abundancia de los organismos”.<sup>11</sup> Aunque algo parcial, esta definición de ecología, a diferencia de la de Haeckel, nos lleva a un resultado al estudiar las interacciones de los organismos con su ambiente, esto es, a entender el por qué los organismos están donde están, y no en otro lado (distribución), y por qué son comunes o raros (abundancia).

## **Ecología de comunidades**

Diferencia ya en el siglo XVIII de la historia natural, otra de las raíces de la ecología es la llamada geografía o descripción del paisaje. Veamos a que se refiere esto. A la vez que se catalogaba a las especies de plantas y animales descubiertas en las diferentes regiones del mundo, hecho al que contribuyeron de manera muy importante las grandes exploraciones geográficas, primero emprendidas por italianos, portugueses y españoles, y luego por holandeses y británicos, la preocupación de los naturalistas era encontrar la relación entre los sistemas de clasificación de plantas y animales, por ese entonces propuesto, y la distribución geográfica de los *taxa*, o grupos de tal clasificación; de este modo nace la biogeografía, digamos clásica.

Par el caso de las especies vegetales, un grupo de biogeógrafos, a los que Worster denomina “aberrantes”, y que incluía a Humboldt (1769–1859) y Grisebach (1787–1878), entre otros,<sup>12</sup> notaron que había plantas que podían ser agrupadas en determinadas unidades con bases en la fisonomía que en conjunto daban al paisaje (bosque, pradera, etc), lo cual era a su vez debido a su forma de vida (árbol, hierba, liana, etc.), con relativa independencia de sus afinidades taxonómicas. También fue claro que la distribución mundial de tales paisajes o tipos de vegetación estaba determinada en gran medida por el clima, como lo notó De Candolle desde 1874, quien clasificó a la plantas en megatermas, xerófilas, mesotermas, microtermas y hequistotermas, según supuestos requerimientos de temperatura, lo que se denominó la geobotánica. Para el caso de la fauna hay una historia paralela y complementaria.<sup>14</sup>

En el presente siglo los botánicos de la Europa continental se interesaron no tanto en los grandes tipos de vegetación o formaciones, como también se les llegó a llamar, sino en unidades de vegetación más pequeñas, centrandose sobre todo su atención en la composición de las mismas. Yo creo que ante la incapacidad de desarrollarse como taxónomos (pues los grandes sistemas de clasificación ya estaban hechos, y el descubrimiento de nuevas especies en Europa ya no era tan frecuente como en tiempos de Linneo y posteriores), esos botánicos se dieron a la tarea de proyectar la construcción de estructuras jerárquicas, como lo hace la taxonomía, en un plano espacial. Así, se empeñaron en la búsqueda de unidades básicas de vegetación en cuanto a composición florística, y a la creación de metodologías y complejos sistemas de clasificación y nomenclatura, hoy ya casi inútiles.

No obstante lo anterior, la aportación de la fitosociología, como se dio en llamar a estos estudios sobre la “sociedad vegetales”, fue llamar la atención sobre la necesidad de investigar las propiedades que surgen del hecho de que las poblaciones de diferentes especies, en un tiempo y lugar determinados, se encuentren formando grupos naturales o comunidades.

La ecología de comunidades se encuentra menos avanzada que la ecología de poblaciones. La mayor parte de su cuerpo de conocimientos ha surgido de un enfoque en gran parte descriptivo. Se ha investigado principalmente las regularidades o patrones de la estructura de sus unidades de estudio, así como los métodos más adecuados para describir dichos patrones. Así, por ejemplo, se han diseñado índices para medir la diversidad de las comunidades se han analizado, tanto teórica como empíricamente, las distribuciones de abundancia de las especies que las integran, se han diseñado métodos para analizar datos provenientes de un variado número de muestras de las comunidades (obviamente multiespecíficas) en los que no es fácil percibir una estructura (métodos multivariados de clasificación y ordenación), se ha estudiado el proceso por el que las comunidades se originan o se regeneran luego de una perturbación (sucesión) e incluso se han propuesto modelos para predecir la composición final de las comunidades en sucesión, etc.

Por lo que toca a los problemas generales, en parte por resolver, en parte fragmentadamente resueltos, de este campo de estudio, quizá el más importantes sea el explicar los patrones de diversidad o, en términos simples, ¿por qué en algunos lugares hay más especies que en otros?. Otros problemas generales serían los siguientes. Además de poder definirse de la manera simple como lo hemos hecho, ¿qué propiedades o atributos hacen que una comunidad se constituya como una unidad objetivamente real?. Si una comunidad tiene una cierta estabilidad (la cual al menos nos permite caracterizarla y reconocerla), ¿cómo podemos definir dicha estabilidad y qué es lo que determina?.

Por último, nótese que la definición de ecología de Andrewartha y Krebs, útil en ecología de poblaciones, no describe bien el campo de estudio o enfoque de la ecología de comunidades, por lo que requeriríamos de otra más amplia. Por supuesto, podríamos concluir que la solución de los problemas de la ecología de comunidades se reduce al estudio de la distribución y abundancia de los organismos, entendiendo por “organismo”, cada una de las poblaciones de diferente especie que forma parte de la comunidad, pero esto sería un flagrante ejemplo de reduccionismo.

### **Ecología de ecosistemas**

En 1935, Tansley propuso el término ecosistema.<sup>15</sup> Lo hizo con la finalidad de desterrar de la ecología el término comunidad, que estaba volviéndose inútil en ese entonces como herramienta científica, por la forma antropocéntrica o sencillamente oscura con la que estaba siendo utilizado. Como ejemplo del antropocentrismo está la simple denominación, ya mencionada, de “sociedades vegetales”, lo cual hace a las especies de la comunidad análogas a los miembros de una sociedad humana, con todas las posibilidades derivaciones que ello conlleva. También, se puede mencionar la idea de Clements, surgida de sus estudios sobre sucesión, de que la comunidad era un cuasi-organismo, cuyas especies eran análogas a las células de un organismo verdadero.<sup>16</sup> Por lo que respecta al oscurantismo, éste se resume en la frase “el todo es más que la suma de sus



partes". Este aforismo describe los enfoques "holísticos", que se oponían al estudio de las comunidades bajo un enfoque analítico que, dicho sea de paso, ha dado excelentes resultados en el desarrollo de la ciencia, y particularmente de la biología.

Tansley planteó que los "todos", en el análisis, no eran más que las acciones sintetizadas de los componentes de la comunidad, y que una ciencia madura, debería aislar las unidades básicas de la naturaleza y someterlas al estudio analítico. Influenciado por la imagen de la física de ese entonces, en la que se empezaba a hablar de campos de energía y sistemas, como una forma más precisa de tratar con los fenómenos naturales de lo que era posible en la ciencia newtoniana clásica, Tansley acuñó entonces el término ecosistema. Bajo este punto de vista, las relaciones entre los organismos deberían ser estudiadas como intercambios de energía y de sustancias químicas como el agua, el fósforo, el nitrógeno y otros nutrientes, y no en términos de oscuros vínculos entre las especies que supuestamente daban a la comunidad su carácter de "un todo" imposible de ser sometido al análisis.<sup>17</sup>

Hoy en día, muchos ecólogos, por ejemplo Krebs, hacen una distinción fútil entre comunidad y ecosistema, considerando a la primera como el conjunto o ensamble de poblaciones de diferentes especies en un tiempo, más los factores del ambiente físico o "abiótico".<sup>18</sup> Esto desvirtúa el hecho de que en realidad lo que hizo Tansley, al proponer el término ecosistema, fue tratar de desterrar los enfoques vitalistas en el estudio de las comunidades (que hacían una separación tajante entre lo vivo y lo no vivo) y no una simple adición de componentes, que algo así como por descuido, no habían sido considerados.

Así pues, si ecosistema viene a ser sólo un término más moderno y adecuado para el estudio analítico de las entidades clásicamente estudiadas por los ecólogos de comunidades, ¿por qué se sigue hablando de comunidades?, ¿por qué no se descarta este concepto? o, habiendo visto ya qué es lo que se investiga en ecología de comunidades, ¿qué es lo que, al menos se puede decir que estudia la ecología de ecosistemas?

Mi punto de vista es que el concepto de ecosistemas es en realidad innecesario. Como el término es de todos modos muy utilizado, dudo que desaparezca en el corto plazo. Se utilizan los términos "ecosistema marino", "ecosistema terrestre", "ecosistema de selva", "ecosistema del desierto", etc., para referirse a las comunidades marinas, terrestres, de selva o de desierto, sin aportar en realidad

Ni ápice a nuestra comprensión sobre las mismas. Lo que es un hecho, y que además responde a la última de las preguntas, es que, por razones históricas, bajo el concepto de ecosistema se estudian. Yo diría que exclusivamente, el flujo de la energía y las transferencias de materiales (agua, carbono, nitrógeno, fósforo, sodio, potasio, etc.) entre los componentes de la comunidad, y entre éstos y otros cuerpos o "depósitos" como la atmósfera, el agua o cuerpos de agua, el suelo, las rocas, etc.

Muchos ecólogos con formación biológica han hecho descripciones del flujo de energía y de la transferencia de materiales en diversos ecosistemas, de interés para ellos. Pero toda vez que los ecosistemas, a ese respecto, están conectados, a veces a grandes distancias, y que puede ser de interés estudiar al planeta entero como un solo ecosistema, la participación de otros profesionales (físicos, químicos, geólogos, geoquímicos, . Expertos en ciencias de la atmósfera, etc.) ha sido clave en los estudios de ecología de ecosistemas

### **Ecología evolutiva**

La publicación de *El origen de las especies* de Darwin, en 1859,<sup>19</sup> hizo verosímil la teoría de la evolución entre la mayor parte de los sectores bien informados de la sociedad (por cierto, una minoría si consideramos el total de la población mundial, de entonces a la fecha). No fue sino hasta el presente siglo, en 1930,<sup>20</sup> cuando la teoría de la selección natural empezó a ser analizada y puesta a prueba por sí misma, en calidad de una teoría científica autónoma, relacionada, pero distinta, de la teoría de la evolución en general. A pesar de haber sido formulada originalmente como una teoría ecológica,<sup>21</sup> fue la genética de poblaciones la que, a partir de entonces, se encargó de sus desarrollo.

Con algunas excepciones, como los trabajos pioneros de Fisher y Cole,<sup>22</sup> no fue sino hasta los sesenta que el enfoque propiamente evolutivo entró en la ecología, principalmente con los trabajos de Wynne-Edwards, Ehrlich & Raven y Williams,<sup>23</sup> entre muchos otros.

Hoy en día, la ecología evolutiva es un campo floreciente que se encarga del estudio de problemas como la evolución de las características de la historia de la vida, la evolución de los sistemas de apareamiento (poligamia, monogamia, promiscuidad, etc.), la evolución de conductas como el altruismo, el combate ritualizado o el fratricidio, la coevolución, etc. nuevamente, la definición de Adnrewartha y Krebs no cubre bien esta rama, campo o enfoque de la ecología.

### **El desarrollo de la ecología en México**

Según Worster la ecología proviene de una “distintiva tradición anglonorteamericana, nunca totalmente separada de las ideas de la Europa continental, nunca totalmente un consenso, pero sin embargo, un solo diálogo hablado en una lengua común (el inglés)”.<sup>24</sup>

Si bien la anterior afirmación puede ser tan drástica o exclusivista como para que los anglonorteamericanos la aceptemos con facilidad, no quisiera tampoco irme al extremo de buscar las raíces de una supuesta ecología mexicana entre las culturas autóctonas que habitaron el país antes de la conquista española. Y esto porque dichas culturas, sencillamente, pertenecen a una

civilización distinta a la nuestra,<sup>25</sup> y porque tampoco quisiera llegar al lugar común de idealizarlas o adaptarse concepciones que no les corresponden.

El origen de la historia natural en México se puede encontrar según las preferencias, en el *Códice Cruz-Badiano* (1552), en el que se ilustran y describen, tanto en náhuatl como en latín, numerosas plantas mexicanas, o en la obra (de hecho, igual que como sucedió con el *Códice Cruz-Badiano*, conocida cuando era ya obsoleta) de Don Francisco Hernández (1517–1587), *Protomédico de las indias, islas y tierra del mar océano*, quien exploró estas tierras entre 1570–1577, o en la *Historia General de las Cosas de las Indias*, de Fray Bernardino de Sahún (ca. 1499–1590).<sup>26</sup>

La obra de los naturalistas mexicanos, desde la conquista española, hasta el presente, ha sido muy poco estudiada. Por supuesto sé que hay quienes se han dedicado a conocerla, y que han trabajado en su análisis, pero mi ignorancia me hace imposible darles siquiera, con precisión, el crédito que merecen, así es que no lo haré. De este modo quedará sin mención la obra de naturalistas, o zoólogos y botánicos, como José Antonio Alzate (1737–1799), Alfonso L. Herrera (1869–1942), Maximino Martínez (1964–1988), Enrique Beltrán, Faustino Miranda (1905–1964), por mencionar a sólo la mínima parte de los que, cuando menos, conozco por nombre.

A pesar de que, ya desde finales del siglo pasado, algunos botánicos mexicanos habían trabajado sobre la clasificación de los tipos de vegetación de México, por ejemplo José Ramírez e Isaac Ochoterena,<sup>27</sup> un trabajo de este tipo, de Miranda y Hernández X., en 1963,<sup>28</sup> marca un punto importante en la historia de la ecología en México. Esto no tanto porque dicho trabajo fuese realmente ecológico, sino porque brindó un marco de referencia para la definición de las unidades ambientales generales en las que los futuros ecólogos realizarían sus investigaciones.

Señala Sarukhán que las investigaciones llevadas a cabo en la Comisión para el Estudio de la Ecología de las Dioscóreas\* (CEED), fundada a finales de los cincuenta y bien activa en los sesenta, es un hito importante en la historia de la ecología en México.<sup>29</sup> Si bien hay trabajos genuinamente derivados de los proyectos llevados a cabo por la CEED, por ejemplo uno del propio Sarukhán (que fue a la vez su tesis de licenciatura),<sup>30</sup> pienso que la conclusión es exagerada. Simplemente, pocos de los biólogos más destacados que trabajaron en la CEED han seguido en el camino de la ecología, para dedicarse, en dos o tres casos que conozco, básicamente a la taxonomía.

Otra razón por la que me parece inadecuado otorgar a la CEED el papel que le asigna Sarukhán, es porque critico esa actitud de considerar como ecológico cualquier “trabajo hecho al aire libre” (para utilizar la expresión de Margalef), como uno de Echenique–Manrique y colaboradores (no perteneciente a la CEED, pero que ilustra muy bien el punto en el que la ecología sólo figura en el título),<sup>31</sup> ya que lo anterior lo extiende a muchos estudios dasonómicos (referentes a los bosques), o sobre otros tipos de vegetación, hechos en México, en los que parece pensarse que la ecología es obtener un montón de datos cuantitativos (áreas basales, coberturas, valores de importancia,

índices de dominancia, etc.), sin ningún planteamiento del problema que se pretende resolver (en el peor de los casos), o al menos sin mucha conexión con la información obtenida. Tal parece que se quisiera ir más allá de las simples listas florísticas y descripciones verbales de los botánicos clásicos, e investirse con las “modernas” ropas de la ecología, pero en muchos casos son precisamente las listas florísticas lo más útil de este tipo de trabajo que critico.

Según mi punto de vista es desde los setenta (aunque seguramente con algunas excepciones) que los estudios verdaderamente ecológicos empiezan a realizarse en México. Desde la perspectiva de mi propia experiencia, dos de los fundadores de la ecología en México son Arturo Gómez-Pompa (por cierto, director por algún tiempo de la CEDD) y José Sarukhán. Aunque la carrera como ecólogo del primero fue en realidad incipiente, destaca por su originalidad.<sup>32</sup> Del segundo, activo considerablemente más tiempo en el trabajo académico, diría que su formación como ecólogo en Gales, Gran Bretaña, fue importante, aunque tal vez no decisiva para que la ecología empezara a desarrollarse en México.

Gómez-Pompa creó, en 1975, el Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, ahora desaparecido, el cual contaba, a su vez, con un posgrado: Maestría en Ecología y Manejo de Recursos Bióticos (o algo así). Por 1988, Sarukhán creó (o al menos fue un factor importante en su creación), el Centro de Ecología de la UNAM, posiblemente la institución más avanzada y completa en este campo del conocimiento, ya que, hasta donde sé, es el único centro en el que se trabajan las diversas áreas de ecología, en sus laboratorios de: biología evolutiva (incluye genética, además de ecología), ecofisiología, ecología de comunidades, ecología de ecosistemas, ecología de poblaciones, interacción planta animal, etc. tal centro cuenta también seguramente con el mejor posgrado en ecología del país: un Doctorado en Ecología.

Puede afirmarse, sin lugar a equivocarse, que la ecología florece hoy en México. En las diferentes instituciones del país se hacen cada vez más investigaciones ecológicas. Muchas de ellas, derivadas de tesis, son trabajos descriptivos, y posiblemente una buena parte de ellos presenta el síndrome que ya antes mencioné: el de no plantearse claramente el problema o los problemas a resolver, y cuya “metodología” se resume en los siguientes pasos: a) se registra un sinnúmero de datos diversos sobre las especies y, en algunos casos, sobre las variables físicas del ambiente más obvias: temperatura, pH, humedad, velocidad de corriente o de viento, etc., b) se buscan algunas técnicas estadísticas y numéricas para ver qué hacer con los datos y c) se hace una interpretación forzada, obvia o ingenua de los resultados. En fin, espero que pronto lleguemos a un punto de mayor madurez a este respecto.

Como podrá notarse he tratado exclusivamente el caso de la ecología terrestre, y de ésta sólo el de la ecología vegetal. Y aún así he sido parcial. Esto porque ante la falta de espacio preferiría remitirme a mi experiencia y expresar mis puntos de vista, que hacer una sinopsis cuya función fuera sólo complacer a todo el gremio de mis colegas biólogos y similares. Desde luego otras

personalidades, grupos de trabajo, instituciones, tradiciones, etc., pueden ser importantes (aunque también se debiera ser cuidadoso en no considerar como ecológicos estudios taxonómicos, biogeográficos o simplemente agronómicos). Para aquellos con interés en otras historias que cubran los campos que no abarqué, que no sean tan restrictivas en cuanto a lo que se entienda por ecología y, en fin, que aporten algunos detalles importantes, les recomiendo los trabajos de Sarukhán y Guevera.<sup>33</sup>

### **La ecología como movimiento social**

Según Worster, la ecología como movimiento social aparece en la segunda mitad del siglo XX,<sup>34</sup> como hemos visto, mucho después de su aparición como campo de conocimiento y ámbito de reflexión sobre la naturaleza para unos cuantos. Por qué esto fue así, y no antes o después, es “materia que debería recibir seria atención, especialmente de los historiadores familiarizados con la dinámica de los movimientos sociales populares”.<sup>35</sup>

Como quiera que sea, Worster da una buena cantidad de indicios e información al respecto, y Simonnet, por ejemplo, aporta datos, así como un breve bosquejo, para una historiografía del ecologismo.<sup>36</sup> A manera de muestra sólo dos puntos de dicha historiografía: el lanzamiento de las bombas atómicas por los norteamericanos en Hiroshima y Nagasaki, en agosto de 1945, y la frecuentemente citada *Primavera silenciosa* (1962) de Rachel Carson (1907–1964).<sup>37</sup>

El gran desarrollo y expansión de los medios masivos de difusión, a partir de mediados del presente siglo, así como la proliferación de las luchas por toda clase de reivindicaciones y derechos en los Estados Unidos, principalmente, pueden ser otros factores importantes en el desarrollo de la preocupación y la lucha por la solución de la problemática ambiental.

Pudiera ser importante, para evitar confusiones, distinguir entre lo que es la ecología, y lo que es la preocupación social por los problemas ambientales. En español *ecologist* se puede traducir de dos formas: ecólogo y ecologista. No sé si la segunda de ellas sea correcta, pero la podemos reservar, como de hecho se hace, para calificar al activista en la lucha por la solución a la problemática ambiental (se denomine él a sí mismo ecologista, o no), mientras que la primera puede describir al profesional que se dedica al estudio de la ecología.

Sin negar algunas posibles excepciones, en México, la lucha por dar soluciones a algunos problemas ambientales (sobre todo por parte del Estado) ha sido tardía, en comparación con lo sucedido en otros países, en particular en los Estados Unidos y algunas naciones europeas. Simplemente, el ecologismo como movimiento con dicho nombre es relativamente reciente, un producto importado. Quadri hace una sinopsis del desarrollo del ecologismo en México y pone, como punto de partida, la lucha contra los desmontes en el Uxpanapa, en 1974–1976, por

Gómez-Pompa. El primer encuentro nacional de ecologistas, en cambio, no se da sino hasta 1985.<sup>38</sup>

Como más adelante veremos, la lucha por la solución de la problemática ambiental no es, ni con mucho, un mero asunto técnico, sino que, por el contrario, como movimiento social alberga muy diversos puntos de vista y emprende, también, muy diversos tipos de acciones para la consecución de sus objetivos. No obstante, la siguiente sección será tratada desde un punto de vista más bien ecológico que político, legislativo o económico.

¿En qué consiste exactamente la problemática ambiental? Quizá una forma conveniente de responder a ello sea analizando la conceptualización que sobre diferentes fenómenos, procesos, situaciones, etc., hacen los diversos sectores de la sociedad. Me parece, aunque también es cuestión de gustos, que esto puede hacerse, a su vez, definiendo al menos tres niveles de conceptualización de lo que, globalmente, denominaríamos, “problemática ambiental”.

Primer nivel. En éste la definición de los problemas (ambientales) se hace con base en criterios abiertamente antropocéntricos, como los siguientes:

1. Riesgos directos sobre la salud humana, inmediatos o potenciales, debidos a la presencia de materiales tóxicos, radioactivos y/o biológicos en la atmósfera, el agua y los alimentos; en pocas palabras, los riesgos debidos a la “contaminación”.
2. Bajo nivel de la calidad de vida, sobre todo en las grandes ciudades, debido al hacinamiento, la pobreza, los sistemas inadecuados para la recolección y tratamiento de basura y aguas negras, el ruido, la no planeación paisajística, etc., lo cual también puede traducirse en otras clases de riesgos para la salud, por ejemplo en la forma de infecciones por contaminación microbiológica, tensión y apatía social.
3. riesgos de accidentes mayores por explosiones e incendios de plantas nucleares, refinerías petroleras, gaseras, fábricas, etc.

Por diversas razones, sólo trataré el caso de la contaminación.

La contaminación por sustancias tóxicas, como metales pesados, plaguicidas, detergentes, etc., fue detectada ya hace tiempo por los biólogos en cuerpos de agua (lagos, ríos, mares, aguas subterráneas, etc), así como en plantas y animales.

Los estudios sobre el flujo de materiales, llevados a cabo por los ecólogos de ecosistemas, permitieron entender la intrincada dinámica del proceso de contaminación, en la cual están implicados otros componentes o “depósitos” como las rocas, los suelos, los sedimentos y la atmósfera, lo mismo que muy diversos procesos como arrastres y lavados, depositación,

precipitación y sedimentación, disolución y suspensión, filtración, etc. y, finalmente, mecanismos de transporte (a veces a distancias insospechadas) como las lluvias, las corrientes y los vientos. Los conceptos de cadenas, redes y niveles tróficos, lo mismo que los de pirámides de números y de biomasa nos permiten entender cómo es que los contaminantes pasan de un organismo a otro, y cómo es que se concentran en algunos de ellos, en ciertos casos, que pudieran venir a formar parte de nuestros alimentos.

La contaminación atmosférica por gases venenosos y metales pesados es un fenómeno que día con día se agrava en determinados centros urbanos. Mucha gente piensa que la contaminación atmosférica es el mayor de los problemas ambientales. De hecho, con facilidad llega a la ecuación “ecología igual a control de la contaminación”. Como hemos visto, la ecología simplemente no es eso. Esta apreciación es explicable para un sector de la población que se nutre casi exclusivamente de la información, muchas veces parcial, fuera de contexto o francamente errónea, que le transmiten los medios masivos de difusión. También contribuye a esto el vivir en una gran urbe como la ciudad de México, de hecho una de las más contaminadas del mundo, y en la que por diversos factores todo lo ajeno a los ambientes urbanos suele llegar a considerarse hostil, inútil o, en casos extremos, simplemente inexplicable.

Muchas veces el público se pregunta por qué los ecólogos no hacen nada por resolver estos problemas. La respuesta es simple. Sin negarles la importancia que como ciudadanos o activistas les puedan otorgar, tales problemas a penas si caen en el campo de acción de los ecólogos. La solución de la contaminación atmosférica está más cerca de la labor de los expertos en ciencias atmosféricas, de ingenieros, químicos, industriales, sanitarios y otros, e incluso de los políticos, que de los ecólogos. Investigar la limpieza de la atmósfera, los daños sobre la salud humana (papel de los médicos), idear filtros anticontaminantes, diseñar campanas educativas, o de verificación de industrias y automóviles, etc., está muy lejos tanto de los intereses, como del entrenamiento profesional de un ecólogo.

En México, actualmente, los problemas de contaminación más importantes son los debidos a sustancias tóxicas; en países industrialmente más desarrollados, o a nivel mundial, también los son las sustancias radioactivas, ya sea en la forma de desechos por procesos industriales y pruebas con armas atómicas, o por accidentes espectaculares, como aquel del que todos hemos oído hablar. La amenaza de una conflagración nuclear, a nivel mundial, es mayor riesgo, el riesgo total, no sólo para el hombre, sino para la vida en la Tierra.

*Segundo nivel.* Aquí la problemática ambiental se define por los daños económicos para la sociedad, producto del mal manejo de los sistemas de explotación. La siguiente es una miscelánea de problemas, unos muy relacionados con los otros, de una forma intrincada.

1. Deforestación. Resultado de sobreexplotación de un recurso, básicamente el madero, o de incendios o plagas, puede resultar en una situación de incosteabilidad en la explotación del recurso, así como promotora de alteraciones del clima, a nivel local, y de la pérdida de suelos por erosión.
2. Aridificación. Consiste en la reducción de los recursos acuíferos, a su vez debida a: a) la sobreexplotación local de recursos, b) su canalización hacia determinadas actividades productivas (ganaderas, industriales, etc.), o hacia regiones ajenas que la demandan (como el caso de la ciudad de México), c) el resultado directo de la deforestación, o indirecto vía las alteraciones climáticas producidas por esta última. Este factor puede ser una limitante no sólo para cualquier actividad productiva, sino para la vida misma del hombre en un lugar.
3. Degradación de suelos por empobrecimiento, mineralización o pérdida, debido a mal manejo agropecuario, ya sea por no utilizarlo de acuerdo con su vocación, o por labores culturales inadecuadas, o por aridificación directa o vía deforestación. El resultado sería una merma en el rendimiento agropecuario.
4. Empobrecimiento de la captura de un recurso pesquero, cinegético (de caza), o del que se extraen productos, o que se colecciona, por sobreexplotación, alteración sutil de las condiciones de su ambiente o destrucción franca de su hábitat.

Nuevamente, habría quien se preguntaría, ¿qué hacen los ecólogos al respecto? Hay ecólogos interesados no sólo en aplicar sus conocimientos en cuestiones prácticas, sino los que sostienen que es un equívoco tratar los problemas ecológicos, o al menos a los sistemas ecológicos, o al menos a los sistemas ecológicos (poblaciones, especies, comunidades, etc., conceptualizados como “recursos”), al margen de los problemas de la producción en el campo.<sup>39</sup> Para otros, carece de sentido involucrarse en el estudio de sistemas naturales, o problemas, en ciertos casos de poco interés biológico o científico, o bien tampoco les interesa involucrarse, o no tienen la capacidad para hacerlo, ciertos estilos de trabajo, problemas políticos administrativos, de intereses creados, etc.

*Tercer nivel.* Este es el representado por los “conservacionistas”, preocupados por los riesgos de “extinción de especies”, entre los que se incluye a muchos biólogos, ecologistas, naturalistas, aficionados y público en general informado al respecto.

En muchos casos los intereses y acciones de los conservacionistas se centran en la protección de especies particulares, sobre todo de animales notables, y de plantas de valor para los aficionados. Un ejemplo es el del panda gigante, o simplemente “el osito panda”, literalmente único en su género, es decir, que su especie es tan singular que ha ameritado la creación de un género



(*Ailuripoda*) y una familia (*Ailuropodidae*) exclusivos para su clasificación entre los animales.<sup>40</sup> Por las bajas densidades de sus poblaciones en estado silvestre, por las dificultades para reproducirlo en cautiverio y, porque no, por ser simpático, el panda ha sido una especie atendida por los conservacionistas. No en valde la “World Wildlife Foundation” (fundación Mundial para la Vida Silvestre) ha utilizado su imagen como logotipo.

Entre los animales en peligro de extinción hay muchos otros ejemplos: en rinoceronte blanco, el cóndor de California, el tigre de Bengala, diferentes especies de ballenas y cetáceos en general, el gorila, por mencionar sólo unos cuantos casos. Entre las plantas, las especies particulares que han atraído la atención de los conservacionistas son menos conocidas popularmente, por lo que muchas veces se habla de familias enteras de ellas (orquídeas, cactus, cicadáceas, etc.) para referirse a las amenazas de extinción de algunas o de muchas de sus especies.

Por lo que respecta a lo que la ecología puede hacer para resolver, o al menos para entender debidamente, esta clase de problemas, es aportar información, muchas veces escasa, sobre la historia natural y los atributos poblacionales, y sus consecuencias demográficas, de las especies de interés. Los estudios fisiológicos y genéticos son también en muchos casos vitales. Por supuesto, la solución de estos problemas nos reduce, ni remotamente, a la información que la ecología pueda aportar.

Recientemente ha surgido entre los ecólogos una concepción más profunda con respecto a la problemática de la “extinción de especies”. Esta puede sintetizarse en los siguientes puntos:

1. La extinción de especies no es un proceso provocado exclusivamente por el hombre, y por lo mismo, tampoco un fenómeno reciente. De hecho los paleontólogos han registrado cinco episodios de extinciones masivas en eras geológicas pretéritas: el más famoso por haber terminado con los dinosaurios, a finales del periodo Cretácico (hace unos 70 millones de años), y el mayor de ellos, a finales del Pérmico (hace unos 240 millones de años), en el que se extinguió de un 77 a un 96 por ciento de todas las especies de animales marinos.<sup>41</sup>
2. Se estima en unos 4 millones el número total de especies actuales,<sup>42</sup> dato sobre el que, por cierto, muchísima gente no sólo no habrá ocurrido que alguien lo haya hecho, o sobre el que algunos pocos pensarán que se conoce con exactitud. Y he dicho que se estima, porque este número es difícil de determinar con precisión. Se sabe que hay aproximadamente 1.4 millones de especies formalmente descritas, 43 pero hay grupos de organismos poco estudiados y hábitats poco explorados; más aún, algunos de dichos hábitats están siendo actualmente destruidos, por lo que posiblemente habrá especies que jamás llegarán a ser conocidas, ni siquiera por los biólogos.

3. De acuerdo con ciertos datos disponibles, y bajo ciertas suposiciones, se puede estimar que el número de especies actuales, por grande o pequeño que nos parezca, representa un porcentaje bajísimo del total de las que han existido desde que la vida se originó en la Tierra, así es que ¿por qué preocuparnos?
4. Las especies actuales son el resultado de un proceso continuo de evolución y adaptación al ambiente, iniciado hace al menos unos 3 mil millones de años.
5. Pese a lo anterior, algunas especies, por diversas razones biológicas, son raras lo que puede aumentar sus probabilidades de extinción natural, o hacerlas vulnerables ante determinadas acciones del hombre como las siguientes.
6. En tiempos preindustriales de la historia de la humanidad, la caza, la pesca, y la recolección de animales y plantas para diversos fines, lo mismo que la apertura de tierras a la agricultura, la ganadería y los asentamientos humanos llevó a la extinción a algunas especies. Actualmente, en la era industrial, se ha acelerado enormemente la destrucción de los hábitats naturales en prácticamente todos los grandes ecosistemas del planeta, pero especialmente en las selvas o bosques tropicales. De un 11 por ciento de la superficie de los continentes, anteriormente cubierto por selvas, dicha cifra se ha reducido actualmente a sólo un 6 por ciento. Esta reducción de las selvas, a un 55 por ciento de su extensión original, se debe a los desmontes y quema de la vegetación, lo cual se lleva a cabo a una tasa de 100 mil kilómetros cuadrados por año. Lo anterior equivale, en área, a una extensión mayor a la de Suiza y los Países Bajos juntos y, en porcentaje, a un 1 por ciento del total actual.<sup>44</sup> De continuar esta tasa de destrucción, en 100 años ya no tendremos selvas. Lo anterior es significativo, ya que se estima que en esta clase de comunidades se concentra un 50 por ciento del total de la diversidad biológica o biodiversidad. De este modo, si por cada 100 mil kilómetros cuadrados de selva destruidos al año, se extinguieron sólo 2 de cada 1,000 especies (una cifra conservadora), de los 2 millones que habitan estos ecosistemas, la cantidad de especies que se extinguirían sería de 4 mil por año.<sup>45</sup>
7. Según la Teoría de biogeografía de islas (que no sólo se aplica a islas), la biodiversidad de una comunidad está relacionada a determinadas variables como la simple área, la complejidad del hábitat (en algunos casos), la tasa neta de inmigración o invasión de especies no presentes en el mismo, así como la tasa de extinción local. Estas dos últimas dependen, a su vez, de un sinnúmero de variables propias de las especies implicadas, o de los grupos taxonómicos a los que pertenecen, de factores históricos y del azar. Los resultados de los modelos de la biogeografía de islas, muchas veces utilizados (al menos conceptualmente) para el diseño de reservas biológicas, pueden, en algunos casos garantizar la preservación de una determinada biodiversidad en un hábitat. Lo anterior no

quiere decir, no obstante, que podemos asegurar la sobrevivencia y eliminar algún riesgo de extinción, de una o varias especies particulares que por alguna razón nos interesen.

8. En este orden de ideas, más importantes que la preocupación por especies particulares, a las que se valora pro sobre el resto de las demás, muchas veces a partir de criterios parciales es, al parecer, el problema de la preservación de la biodiversidad. Nótese, entonces, que la preservación de la biodiversidad en general involucra no necesariamente a la preocupación por salvar de la extinción animales y plantas que nos parezcan útiles o atractivos, sino, más bien, a toda una serie de organismos incospícuos, por ejemplo los artrópodos que, no obstante constituir el grupo más numeroso y exitoso de animales, a muchas personas les causan repulsión o indiferencia, las más de las veces, e incluso fobias.

Los argumentos a favor de la preservación de la biodiversidad van desde los más pragmáticos (sin que necesariamente éstos sean percibidos fácilmente por todo el mundo), hasta algunos de tipo ético o filosófico. Ehrlich & Ehrlich discuten los siguientes,<sup>46</sup> que yo sólo enumero:

- a. Compasión, estética, fascinación y ética: el derecho a existir.
- b. Beneficios económicos directos: médicos, alimenticios, etc.
- c. Beneficios indirectos: sistemas sustentadores de vida (los servicios del ecosistema).

Quizá uno de los mayores retos actuales, y en el futuro inmediato para la humanidad, sea el resolver la contradicción que se da entre los dos mayores intereses de nuestras sociedades: el deseo de un desarrollo y un crecimiento sostenidos, en todos los órdenes, pero sobre todo en el material, y la solución de la problemática ambiental, que cada día se agrava más. Hay para quienes tal contradicción no necesariamente debe existir, aquellos que contraponen, al “pensimismo” de los “neomalthusianos”<sup>47</sup> con sus apocalípticas expectativas par el año dos mil, “... la construcción de una nueva lógica para articular el proceso productivo a la naturaleza, en donde se trata de oponerse al desarrollo, a la industrialización, a la urbanización, sino de vincularlos con su base natural de sustentación, en una racionalización productiva diferente, que sitúe en el centro de todo la satisfacción de las necesidades básicas de la población”.<sup>48</sup>

## Notas

<sup>1</sup> Haeckel, E: (18669, *Generelle Morphologie der Organismen*, Berlín, 2 vols. [vol. I, p. 8; vol. II, pp. 286–287]. Citado en Worster, D. (1979), *Nature's Economy. The Roots of Ecology*, Garden City, New York: Anchor Press/Doubleday, xiv +424 pp. [pp. 192, 368, 403].

<sup>2</sup> Haeckel, *op. cit.* [p. 286]. Citado en Acot, P. (1990), cómo nació la ecología, *Mundo Científico* 10:70–98 [pp.70, 73].

<sup>3</sup> Lincoln, R. J. & Boxshall, G. A. (1987), *The Cambridge Illustrated Dictionary of Natural History*, Cambridge: Cambridge University Press, 413 pp. (La traducción es mía).

<sup>4</sup> White, G. (1789), *The Natural History of Selborne*, citado en Worster, *op. cit.*, pp. 5, 12, 351, 394.

Wallace, A. R. (1962), *The Mala Archipelago*, New York: Dover Publications, Inc., xvii + 515 pp. Edición íntegra de la última versión revisada revisada en 1869.

Janzen, D. & 174 contributors (1983), *Costa Rican Natural History*, xi + al menos 789.

<sup>5</sup> Foucault, M. (1979), *Las palabras y las cosas, una arqueología de las ciencias humanas*, 11ª. Ed., México, D. F.: Siglo Veintiuno Editores, S. A., viii + 375 pp. [pp. 129–130].

<sup>6</sup> Worster, *op. cit.*, especialmente Cap. 1.

<sup>7</sup> Margalef, *op. cit.*

<sup>8</sup> Elton, C. (1927), *Animal Ecology*, London: Sidgwick & Jackson. Citado en Krebs, C. J. (1985), *Ecology The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*, 3a. ed. New York: Harper & Row, Publishers, xv 800 pp. [pp. 3–4].

<sup>10</sup> Margalef, *op. cit.*

<sup>10</sup> Krebs, *op. cit.*, pp.4–5.

<sup>11</sup> Worster, *op. cit.*, p. 4.

<sup>12</sup> Worster, *op. cit.*, Cap. 10.

<sup>13</sup> Worster, *op. cit.*, Cap. 10. Conlinvaux, P. A. (1973), *Introduction to Ecology*, New York: John Wiley & Sons, Inc., ix 621 pp. [Cap. 2].

<sup>14</sup> Worster, *op. cit.*, Cap. 10. Conlinvaux, *op. cit.*, Cap. 4.

<sup>15</sup> Tansley, A. G. (1935), "The Use and Abuse of Vegetational Concepts and Terms", *Ecology* 16: 284–307.

<sup>16</sup> Worster, *op. cit.*, pp. 211–212.

<sup>17</sup> Worster, *op. cit.*, pp. 301–302.

<sup>18</sup> Krebs, *op. cit.*, pp. 11, 594, 722.

<sup>19</sup> Darwin, C. (1964), *On the Origin of Species. A Facsimile of the First Edition (1859) with Introduction by Ernst Mayr*, Cambridge Massachusetts: Harvard University Press, xxvii + ix 490 + 23 pp.

<sup>20</sup> Fisher, R. A. (1930), *The Genetical Theory of Natural Selection*, Oxford: Clarendon Press.

<sup>21</sup> Harper, J. L. (1967), "A Darwinian Approach to Plant Ecology", *The Journal of Ecology* 55: 247–270. [p. 247].

<sup>22</sup> Fisher, *op. cit.*

Cole, L. C. (1954), "The Population Consequences of Life History Phenomena", *The Quarterly Review of Biology* 29:103–137.

<sup>23</sup> Wynne-Edwards, V. C. (1963), "Intergroup Selection in the Evolution of Social Systems", *Nature* 200: 623–626.

Ehrlich, P.R. & Raven, P. H. (1964), "Butterflies and Plants: a Study in Coevolution", *Evolution* 18: 586–608.

Williams, G. C. (1966), *Adaptation and Natural Selection: a Critique of some Current Evolutionary Thought*, Princeton, New Jersey: Princeton University Press, x 307 pp.

<sup>24</sup> Worster, *op. cit.*, pp xi–xii.

<sup>25</sup> Paz, O. (1983), *Sor Juana Inés de la Cruz o la trampas de la fe*, 2ª. Ed., México, D. F.: Fondo de Cultura Económica, 658 pp. [pp. 25, 57].

<sup>26</sup> De Gortari, E. (1980), *La ciencia en la historia de México*, México, D. F.: Editorial Grijalbo, S. A., 446 pp. [pp. 190–196].

<sup>27</sup> Ramírez, J. (1890), *La vegetación de México*, México, D. F.: Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento, 271 pp. Citado en Rzedowski, J. (1978), *Vegetación de México*, México, D. F.: Editorial Limusa, S. A., 432 pp. [pp. 14, 16, 377].

Ochoterena, I. (1918), "Las regiones geográficas–botánicas de México", *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística* 8:221–231. Citado en Sarukhán J. (1981), *México*, Cap. 3 in Kormondy, E. J. & McCormick, J.F. (eds.), *Handbook of Contemporary Developments in World Ecology*, Westport, Connecticut: Greenwood Press, xxviii + 776 p. [pp. 38,48].

<sup>28</sup> Miranda, F. & Hernández X., E. (1963), Los tipos de vegetación de México y su clasificación, *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28:29–179.

<sup>29</sup> Sarukhán, *op. cit.*, pp. 39–42.

<sup>30</sup> Sarukhán, J. (1964), "Estudio sucesional de un área talada en Tuxtepec", Oaxaca, *Publicación Especial del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (México)* 3:107–172.

<sup>31</sup> Echenique–Manrique, R., Barajas M., J. Pinzón P., L. M. & Pérez M., V. (1975), *Estudio botánico y ecológico de la región del Río Uxpanapa, Veracruz. No. 1: Características tecnológicas de la madera de 10 especies*, Xalapa, Veracruz: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos, A. C., 66 pp.

<sup>32</sup> Nótese lo interesante por lo menos en la idea, del siguiente de sus trabajos: Gómez–Pompa, A. (1971), "Posible papel de la vegetación en la evolución de la flora tropical" *Biotrópica* 3: 125–135.

<sup>33</sup> Sarukhán, *op. cit.*

Guevara, S. (1990), "Historia de la ecología terrestre en México", *Ciencias*, Número especial 4: 89–95.

<sup>34</sup> Worster, *op. cit.*, p. x.

<sup>35</sup> Worster, *op. cit.*, p. x. (la traducción es mía).

<sup>36</sup> Worster, *op. cit.*

Simmonet, D. (1980), *El ecologismo*, Barcelona: Gedisa, S. A., 188 pp. [pp. 24–28, 187–188].

<sup>37</sup> Carons, r. (1962), *Silent Spring*, Boston. Citado en Worster; *op. cit.* p. 409.

<sup>38</sup> Quadri, G. (1990), "Una breve crónica ecologismo en México", *Ciencias*, Número especial 4:56–64. [p. 64].

<sup>39</sup> Carabias, J. (1990), "Hacia un manejo integrado", *Ciencias*, Número especial 4: 75–81.

<sup>40</sup> Wilson, E. O. (1989), "Threats to Biodiversity", *Scientific American* 261 (3): 60–66. [p. 63].

<sup>41</sup> Wilson, *op. cit.*, p. 63.

<sup>42</sup> Wilson, *op. cit.*, p. 60.

<sup>43</sup> *Ibid.*

<sup>44</sup> Wilson, *op. cit.*, p. 53.

<sup>45</sup> Wilson, *op. cit.*, p. 64.

<sup>46</sup> Ehrlich, P. R. & Ehrlich, A. H. (1987) *Extinción*, 2 Vols., Barcelona: Salvat Editores, S. A., x + 183; vii 202 pp. [pp. v–vi, 45–131].

<sup>47</sup> Carabias, *op. cit.*, pp. 75–76.

<sup>48</sup> Carabias, p. 81.