

## **SOBRE EL PARADIGMA DEL NO-EQUILIBRIO DE LA NATURALEZA (LA NATURALEZA EN CAMBIO)**

**Notas para la asignatura de Restauración de Espacios Degradados. Febrero 2006.  
J.M. Nicolau. Dpto. Ecología. Universidad de Alcalá. josem.nicolau@uah.es**

### **1. EL CONTEXTO CIENTÍFICO**

**L**a mayor parte de los conceptos o ideas más importantes y conocidas de la Ecología implícitamente dan por sentado que el estado normal de los elementos de un ecosistema se encuentra en equilibrio o cerca de él. Como ejemplos podemos citar los ciclos de nutrientes, las pirámides tróficas, los factores limitantes, la teoría de la sucesión “clementsiana”, la exclusión competitiva, la biogeografía de islas y las metapoblaciones.

**S**in embargo, hay numerosas evidencias de que el cambio, el cambio en las condiciones ambientales y el cambio en la composición, estructura y funcionamiento de las comunidades es la regla en la naturaleza. Este cambio constante resulta de la ocurrencia de fenómenos como las variaciones en la composición de la atmósfera (en las que la propia vida ha participado), las variaciones en la configuración de los océanos y las masas continentales por acción de la tectónica de placas, los cambios intensos en la composición de especies con 8-12 grandes extinciones (5 de ellas causadas por choques de meteoritos), el carácter fluctuante del clima, las catástrofes producidas por volcanes, inundaciones, terremotos y por perturbaciones a menor escala como incendios, epidemias, tormentas, sequías, heladas, mareas rojas, entre otros. A todos ellos se suman los generados por la actividad de la especie humana, que en las últimas décadas están desembocando en el denominado cambio global. Por ello la supuesta comunidad en equilibrio no existe y no ha existido nunca, sino que las comunidades se hallan en cambio constante (Terradas, 2001).

**A**nte los cambios en el ambiente y en los propios organismos, los ajustes de los sistemas ecológicos son siempre transitorios, imperfectos y limitados por la historia y la contingencia. En efecto, para recuperarse ante un cambio, la comunidad no dispone de todas las especies posibles, sino que sólo están disponibles algunas, y esta disponibilidad depende de circunstancias históricas, ya sea a escala evolutiva o como resultado de una perturbación más breve en el tiempo. Además, la respuesta de la comunidad también se ve influida por el azar (una tormenta tras un incendio, por ejemplo). Por ello, tras una perturbación, la comunidad no regresa al estado inicial, el supuesto estado de referencia, sino a otro –el posible, según la historia y las circunstancias-, del que a su vez será desplazada por la siguiente perturbación y al que tampoco regresará y así sucesivamente (figura 1). De tal manera que la metáfora del equilibrio ha de sustituirse por la de una naturaleza en flujo (Pickett y otros, 1994). La importancia que se está dando a las perturbaciones en ecología indica un alejamiento de las doctrinas clásicas de equilibrio y homogeneidad (Terradas, 2001).

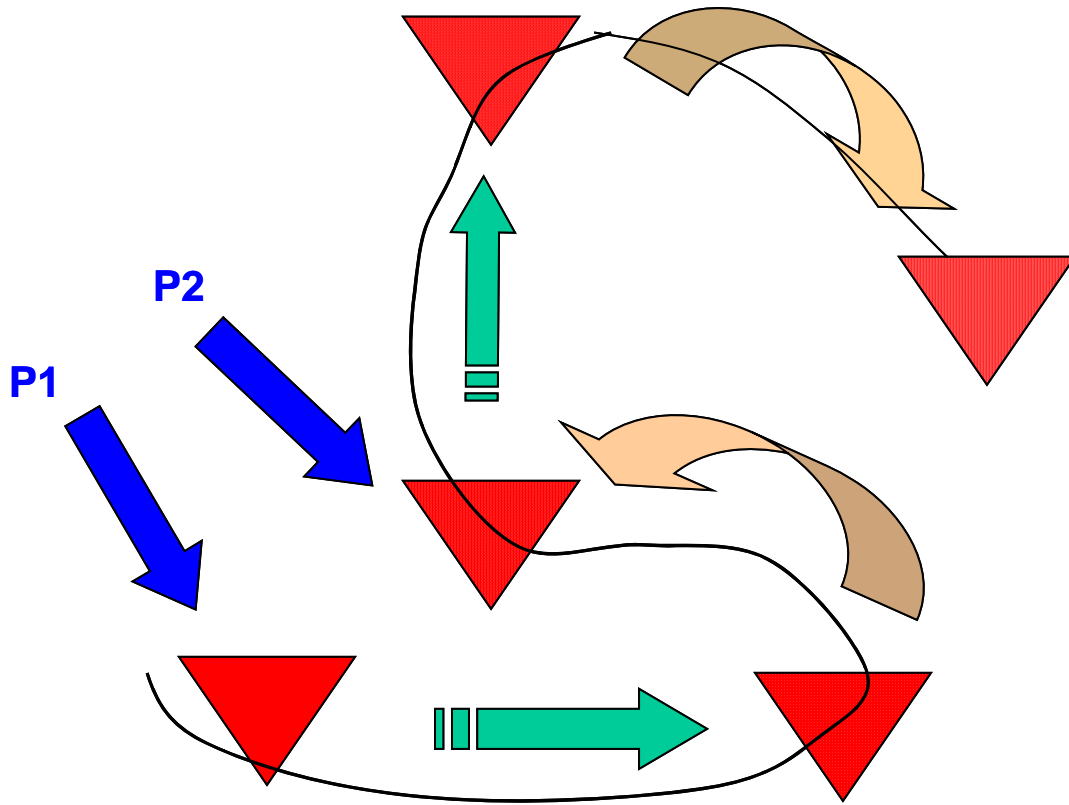


Figura 1. Esquema que representa el flujo de los ecosistemas frente a las perturbaciones (P1, P2) más que el mantenerse en equilibrio

**P** aralelamente, la demostración teórica de comportamiento caótico en poblaciones biológicas, de tal manera que las interacciones entre los componentes de un ecosistema pueden dar lugar a desestabilizaciones y extinciones (May, 1974), también ha contribuido a recelar de la idea de equilibrio. Los primeros intentos conceptuales para incorporar el hecho de que los sistemas naturales, a escala local, no se encuentran en equilibrio corresponden a los modelos de “dinámica de manchas” (*patch dynamics*), en los que las abundancias de las poblaciones, las interacciones entre especies y los ciclos de materia se consideran abiertos a la migración o flujo lateral (Pickett y White, 1985; Polis y Hurd, 1996). Aunque la idea de tales modelos conceptuales vuelve a ser la de un equilibrio dinámico, denominado en esta ocasión “metaestabilidad” (Naveh, 1987; Wu y Loucks, 1995) el principal mensaje que emerge es el de resaltar la importancia de la escala espacial a la que se estudian los ecosistemas y su naturaleza abierta (DeAngelis y Waterhouse, 1987; Wiens y otros, 1993).

**L** a importancia de los procesos de azar y los de carácter caótico ha sido reivindicada por Kolasa y Pickett (1991), quienes se refieren a ellos dos y a los deterministas, como el triunvirato de la heterogeneidad, como los tres mecanismos que explican la heterogeneidad en la distribución y abundancia de los organismos. Dentro del comportamiento determinista el resultado esperado es la formación de un cierto diseño final, y a lo largo del

tiempo se producen acontecimientos que son predecibles y significativos. En cambio, el comportamiento al azar tiende a producir “manchas” de composición forma y tamaño que sólo estadísticamente son predecibles, y ello a través de acontecimientos que no sabemos interpretar y que calificamos de “ruido”. El comportamiento caótico tiende a generar estructuras espaciales con pautas fractales y, a lo largo del tiempo, los procesos adquieren la impredecibilidad propia del caos determinista, al tener cualquier pequeña variación consecuencias de gran alcance.

**L**a introducción del azar y del caos determinista en ecología significa un importante cambio de orientación. La cuestión es si se puede escapar a la contingencia y buscar regularidades generalizables. Maurer (1999) cree que el mensaje básico que se desprende del caos es que sólo a escalas espaciales y temporales suficientemente grandes cabe esperar descubrir ciertas regularidades en los ecosistemas. La existencia de atractores sólo puede descubrirse a una escala macroscópica, y no centrándose en la estocasticidad y contingencia que los sistemas ecológicos exhiben a escala local.

## 2. EL CONTEXTO SOCIAL Y CULTURAL

**E**l origen del problema se encuentra en el tipo de relación que se establece entre el ser humano y la naturaleza. Históricamente la idea del equilibrio de la naturaleza forma parte de la mayor parte de las cosmologías (Botkin, 1993). En el pensamiento occidental esta idea aparece como un orden inmutable de origen divino, un ideal platónico, en el que el azar y la extinción de especies no son concebibles y la variación y el cambio ignorados. Aunque Darwin efectivamente eliminó la idea del diseño divino de la naturaleza, Forbes anticipó la idea del equilibrio de la naturaleza como un “orden beneficioso” originado por el proceso de selección natural mediante la competencia y la depredación (Forbes, 1887).

**E**l paradigma del equilibrio en la naturaleza no sólo ha guiado a la ecología como ciencia, sino también al pensamiento social. Ante la idea del equilibrio en los sistemas naturales se han dado dos tipos de respuestas opuestas en nuestra sociedad (Terradas, 2001). La que trata de evitar o limitar al máximo la intervención humana sobre la naturaleza para no alterar dicho equilibrio (calificado de frágil). Y la que considera que la naturaleza es capaz de soportar cualquier alteración antrópica dada su capacidad de recuperar el estado de equilibrio, por lo que no es exigente regulando las intervenciones humanas. La primera posición, minoritaria, está restringida a círculos ambientalistas extremos. La segunda, ha sido predominante durante la Revolución Industrial y ha guiado el consiguiente desarrollo económico. Uno de sus principales sustentos ideológicos es el elevado valor que concede a la tecnología, considerada como una herramienta con “poderes infinitos” para devolver a los sistemas natural y social al estado de equilibrio.

**E**sta percepción se encuentra actualmente cuestionada ante la evidencia de la existencia del **Cambio Global**, fenómeno que pone de manifiesto la ausencia de ese supuesto estado de equilibrio de la biosfera, así como la impredecibilidad de la respuesta de la misma. Ante el reconocimiento de que el paradigma del equilibrio no se cumple y de que las perturbaciones causadas por las actividades socioeconómicas está en el origen de los cambios que está experimentando la biosfera (deterioro ambiental), se ha elaborado un nuevo concepto:

el **desarrollo sostenible**. El desarrollo sostenible tiene como objetivo disminuir la magnitud de las perturbaciones antrópicas y evitar así, que los parámetros bióticos y abióticos de la biosfera se salgan de los rangos de valores más propicios para el bienestar humano. En este rango de valores se podría mantener o sostener el flujo de servicios ambientales que necesita la sociedad, asociado al **capital natural crítico**.

**A** sí pues, debemos transmitir a la sociedad que la naturaleza se asemeja, más que al ideal platónico de la estabilidad, a la idea de Heráclito de que lo constante es el cambio y que todo fluye. Otras tradiciones de pensamiento se encuentran más próximas a esta visión. Así, para el taoísmo la naturaleza es en parte contingente, y el budismo recomienda como pauta de comportamiento humano, centrarse más en la respuesta -tratando de movilizar siempre las mejores cualidades de uno mismo en cada momento- que en cambiar las circunstancias que nos rodean, en buena medida impredecibles e inmanejables (Blay, 1993).

## **2.1. Contribuciones al desarrollo sostenible desde la Ecología y la Restauración**

**M**erecen ser destacados dos frentes desde los que la ecología está haciendo aportaciones al nuevo concepto de desarrollo sostenible, uno conceptual y otro empírico, así como poner de manifiesto la discusión que está teniendo lugar en el seno de la Restauración Ecológica, acerca de su función social. En relación al **concepto** de desarrollo sostenible, John Cairns Jr., ecólogo con amplia experiencia en ecotoxicología y restauración de ecosistemas, advierte, bajo una perspectiva antropocéntrica, que nuestro bienestar como sociedad se sustenta en los bienes y servicios que nos presta la tecnología –telecomunicaciones, transporte, energía, sanidad, etc- pero también, y en primer lugar, en los que nos prestan los ecosistemas (Cairns, 1996). Señala que al aplicar tecnología se ocasiona inevitablemente un cierto impacto ambiental que con frecuencia nos priva de algunos de los servicios que disfrutamos de los ecosistemas. Es el caso de la agricultura industrial que consigue aumentar las producciones mediante el uso de maquinaria pesada, aplicación de fitosanitarios y abonos químicos, nuevas roturaciones, etc., pero el impacto ambiental que ocasiona produce una merma en algunos servicios ambientales de vital importancia como la calidad del agua, el control de avenidas, el control de los niveles de CO<sub>2</sub>, los que proporciona la biodiversidad controladora de plagas y proveedora de polinizadores, etc. Ante esta parcial incompatibilidad entre tecnología y naturaleza (al menos entre el uso compulsivo de tecnología y naturaleza) la solución para Cairns, pasaría por encontrar un equilibrio entre los bienes y servicios ecológicos y tecnológicos. En él se hallaría una de las claves del desarrollo sostenible, pues para hablar de sostenibilidad con propiedad, previamente la sociedad debería determinar qué bienes y servicios ambientales y a qué niveles quiere *sostener*, quiere mantener porque sean considerados necesarios para conservar o mejorar nuestro nivel de bienestar.

**E**ste planteamiento da respuesta a la pregunta que inmediatamente uno se formula cuando afirmamos que no existe el equilibrio en la naturaleza, sino que está en continuo cambio: ¿entonces, es justificable cualquier intervención humana? Obviamente no, pues además de consideraciones de orden ético, para mantener nuestros niveles de bienestar necesitamos del capital natural y de los servicios que nos proporciona. Justamente el peso de las razones éticas y de las pragmáticas para justificar la necesidad de la Restauración constituye una discusión

abierta en el seno de esta disciplina. Stevenson (2000) defiende la preeminencia de las razones éticas para restaurar antes que las pragmáticas, pues sostiene que el valor económico de las especies y de la naturaleza, en general, debería estar al margen de cualquier cálculo económico, que no existen metodologías apropiadas para calcularlo, y que si así fuera, los proyectos de restauración necesitarían justificar su rentabilidad económica para ser socialmente aceptados. En general, se reconocen las razones éticas para justificar la necesidad de restaurar la naturaleza, pero se acompañan también de otras de orden práctico: la necesidad de mantener el capital natural y los servicios que proporciona (Clewel, 2000; Aronson y Le Floch, 2000). En esta línea, Daily (1995) estimó que el 10% del Valor Instrumental Directo (indicador de la capacidad de la biosfera para rendir beneficios directos como producción agrícola, forestal, fármacos, etc.), se ha perdido en los últimos años y las previsiones para el año 2020 apuntan a una pérdida del 20%. Su recomendación es la restauración a gran escala, que según este autor, podría permitir la recuperación de la mitad del Valor Instrumental perdido en 25 años. Lal (2000) propone formular una estrategia de conservación y restauración de suelos que potencie los mecanismos de secuestro de carbono orgánico para mitigar así el cambio climático. Estima el potencial de secuestro en 1,5-3,0 Pg C/año (la deforestación tropical produce emisiones de 1,7 Pg C/año). Naredo (1996) justifica la necesidad de restauración en el marco de la economía ecológica. Ésta ha de basarse en los costes de reposición, no en los de explotación, por lo que el proceso económico habría de incluir los costes de reutilización, reciclaje y restauración.

**E**l segundo plano en el que la ecología está contribuyendo a la puesta en práctica del desarrollo sostenible se relaciona con la necesidad de cuantificar los bienes y servicios ecológicos y valorar los ecosistemas. Ayensu y otros (1999) advierten del déficit de conocimiento del que partimos, por lo que se ha puesto en marcha el “International Ecosystem Assessment”, que tiene como objetivos:

- Recabar información básica de los ecosistemas: cantidad, valor económico y condición de los bienes y servicios producidos.
- Conocer cómo la producción de bienes y servicios en ecosistemas específicos responderá a cambios biofísicos.
- Elaborar modelos regionales que incorporen los cambios biofísicos, económicos y tecnológicos.