

Tesis doctoral

Dinámica no lineal y control en Ecosistemas

Las actuales tasas de extinción de especies en nuestro planeta se enfrentan a valores nunca antes alcanzados en la historia de la Tierra. La pérdida y fragmentación de hábitat y el cambio climático inducidos por el hombre son los principales actores que dan pie a estos rápidos incrementos en las tasas de extinción. Así, hay una inevitable necesidad para conservar especies y para una correcta gestión que intente aumentar las probabilidades de persistencia de poblaciones en ecosistemas alterados por las actividades humanas.

El problema de la persistencia de las poblaciones es hoy un clásico. Sin embargo, no ha sido hasta recientemente que cierta característica especial de la dinámica poblacional ha sido descubierta y generalizada a muchas propuestas teóricas y prácticas. Esta característica es el sorprendentemente amplio ámbito de las respuestas no lineales que son capaces de propagarse desde los genes a los ecosistemas, las cuales han producido en muchos casos propiedades contraintuitivas a grandes escalas espaciales y niveles de organización. Las dinámicas no lineales pueden producir, por ejemplo, rutas errantes en el número poblacional a través del tiempo, las cuales, bajo ciertos eventos estocásticos podrían conducir a muchas de estas poblaciones a una inevitable extinción.

En esta memoria, se han estudiado algunas de estas características y cuáles son sus respuestas enfrente de perturbaciones naturales o inducidas por el hombre, con el objetivo de ganar cierta visión para un manejo apropiado para la persistencia de poblaciones bajo dinámicas extremadamente errantes. Por medio del estudio de diferentes sistemas, algunos específicos y otros más generales, y desde una perspectiva teórica, hemos tratado de cubrir un amplio rango de temas en la investigación ecológica, todos ellos con la presencia de no linealidades fuertes como su fondo general.

Primero, la presencia de fluctuaciones caóticas (similares a las aleatorias, pero inducidas por la dinámica interna del sistema) en las poblaciones de lince del Canadá, ha sido demostrada por primera vez en la investigación ecológica de campo. Se ha mostrado que las bifurcaciones (cambios cualitativos en el comportamiento dinámico) pueden ser inducidas por un parámetro correspondiente a la presión humana por trampeo y caza (**Figura 1**).

Tesis doctoral

Autor:

Javier G. P. Gamarra

Director:

Ricard V. Solé

Centro:

Universitat Politècnica de
Catalunya. Universitat de
Lleida

Fecha de lectura:

1 de Febrero 2002

En segundo lugar, se ha buscado un modelo híbrido mínimo capaz de generar bifurcaciones y caos en poblaciones con generaciones no solapadas. Se ha descrito un conjunto mínimo de restricciones para tal fin. Estas son una alta tasa reproductiva, alta mortalidad independiente de la densidad, y fuertes eficiencias de consumo. Los resultados del modelo coinciden en las aproximaciones analítica y de simulación.

Si las restricciones básicas para la generación de caos se conocen, en muchos casos se puede modular fácilmente el parámetro de bifurcación (como por ejemplo la presión de trampeo en el caso del linco del Canadá) para controlar los itinerarios caóticos. Una revisión general del control de caos en aplicaciones ecológicas ha sido publicada por primera vez. Desde modelos deterministas a otros basados en el individuo, las técnicas de control de caos han resultado fructuosas.

Previamente fue descrita la influencia en la aparición de bifurcaciones gracias a un incremento en los grados de libertad del modelo generado cuando hay un contexto espacial presente. En este contexto, la sincronización espacial en los tamaños poblacionales es una característica esencial afectando las probabilidades de extinción en muchas poblaciones. Se han usado perturbaciones para controlar el caos en poblaciones de linco. Se ha demostrado que el control es posible incluso en presencia de estocasticidad demográfica o generada por interacciones espaciales. En el contexto espacial, las famosas "travelling waves" (ondas de tamaños de población altos que se propagan en el espacio) generadas por el caos son impedidas por medio de protocolos de control de caos, dando lugar a correlaciones espaciales a pequeña escala en las poblaciones de linco.

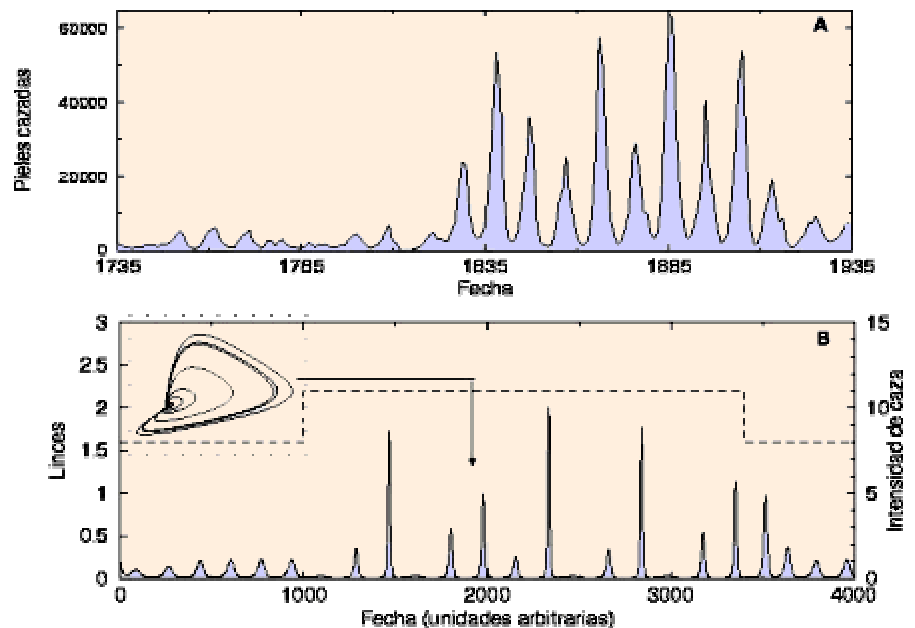


Figura 1. (A) Serie de pieles de linco cazadas durante dos siglos. (B) Serie simulada (línea continua) con cambios bruscos en la presión de caza (línea discontinua). Con alta presión de caza la serie describe un atractor extraño.

Un estudio añadido de la sincronización espacial ha llevado a establecer una relación analítica entre las tasas de dispersión y el exponente de Lyapunov (una variable continua que mide la presencia de caos). Esta curva representa la frontera entre la sincronía espacial (que en regímenes caóticos puede llevar a la extinción de la metapoblación) y la decorrelación espacial, la cual puede evitar la extinción completa de la población en todo el sistema.

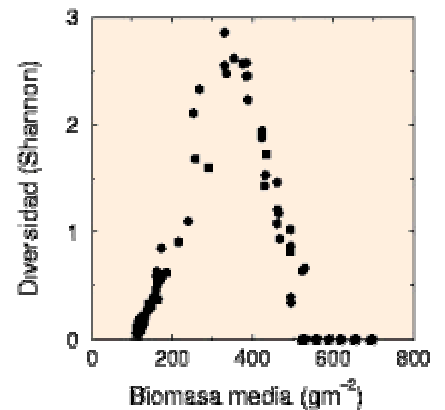
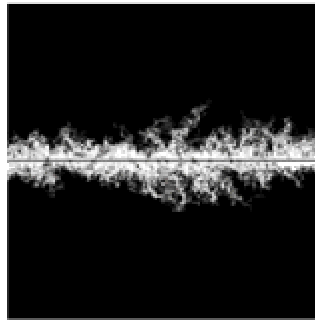


Figura 2: Fase inicial de un fuego prescrito en praderas que parte de la línea central y relación unimodal biomasa-diversidad resultante de la simulación.

Finalmente, se ha demostrado la gran dependencia de la escala que sufre la relación biomasa-diversidad. A través de un formalismo mediante automatas celulares, se han aplicado perturbaciones en forma de fuego prescrito en praderas que sufren dinámica caótica a pequeña escala. Dependiendo de ciertos valores paramétricos, se pueden generar altas dependencias espaciales y sincronía, las cuales pueden desarrollar a su vez cualquiera de las relaciones biomasa-diversidad definidas ya como clásicas, desde la relación monótonica creciente a la respuesta unimodal (**Figura 2**).