

MARCO CONCEPTUAL PARA LA ORDENACIÓN DE PREDIOS RURALES*

Carlos D'Angelo

Resumen

Se expone el marco conceptual de integración de la naturaleza con la tecnología en el contexto que se evidencia entre las metas humanas y las de la naturaleza. Se presenta la ordenación territorial en escala predial, para lo cual se desarrolla primeramente el concepto de orden y luego se plantean el paradigma del equilibrio como balance de la naturaleza y el de no-equilibrio como sistema cibernético.

A partir del marco paradigmático desarrollado se enuncian los postulados de la ordenación y del diseño predial. El predio se conceptualiza como un sistema complejo adaptativo que involucra tres niveles jerárquicos anidados: el paisaje como nivel contextual superior, el predio como nivel focal del problema y, los subsistemas prediales como niveles constitutivos inferiores. Se conceptualizan además los fenómenos emergentes a nivel predial: productividad, sustentabilidad y equidad, que se derivan de patrones y procesos actuantes tanto a nivel de paisaje como de los subsistemas prediales, donde los procesos asociados al uso como producción, protección y recreación, imponen restricciones a los patrones de organización.

El paisaje es el producto de la interacción de la actividad humana con la naturaleza, lo cual se expresa en cinco tipos de paisajes. El nivel focal del problema del diseño es el predio, el cual se subdivide en subsistemas: agroproductivos, natural, disipación-asimilación y, domésticos. En la ordenación del sistema se suceden tres etapas de: totalidad indiferenciada, segregación progresiva y, mecanización centralizada.

Palabras claves: ordenación, predios rurales, marco conceptual.

CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	205
CONCEPTO DE ORDEN.....	205
<i>Paradigma del Equilibrio. El Balance de la Naturaleza ...</i>	206
<i>Paradigma del No-Equilibrio. El Flujo de la Naturaleza</i>	207
<i>La Perspectiva de la Dinámica Jerárquica de Parches....</i>	209
LA ORDENACIÓN DEL SISTEMA PREDIAL.....	212
<i>Nivel de Paisaje en el Diseño Predial.....</i>	213
<i>Nivel de Predio en el Diseño Predial.....</i>	218
BIBLIOGRAFÍA	224

INTRODUCCIÓN

El antagonismo entre las metas humanas y aquello que, con cierta licencia, se denomina “*metas de la naturaleza*”, es una de las causas primarias de los problemas ambientales importantes que afectan al hombre contemporáneo tales como, pérdida de biodiversidad y diferentes formas de contaminación y deterioro ambiental.

Las consecuencias negativas de este dualismo entre el hombre y la naturaleza se manifiestan en las más diversas escalas espacio-temporales, incluyendo la propia del predio agropecuario. En efecto, fenómenos tales como la erosión y pérdida de fertilidad de los suelos, desaparición de los controles naturales de las poblaciones-plagas, generación de efectos indeseables sobre la calidad del agua y el aire, diferentes formas de ruptura con el paisaje (sensu Meeus *et al.*, 1988), son algunas de las resultantes negativas de este fenómeno.

El propósito de integrar naturaleza y tecnología en el

diseño predial implica aceptar la posibilidad de transformar el dualismo hombre-naturaleza en una relación monista que contemple a ambos. Ante esto, sería factible abordar el problema caso por caso, considerando cada predio como un fenómeno singular e independiente de cualquier otro, o partir de principios de diseño generales, no obstante reconocer lo que cada caso tiene de singular.

En lo que aquí se desarrolla, se opta por esta segunda estrategia, para lo cual se requiere una caracterización adecuada del fenómeno con el fin de facilitar su percepción. En este contexto, en lo que sigue se expone el marco conceptual dentro del cual se ubica el problema en estudio.

CONCEPTO DE ORDEN

La definición de los principios aplicables a la ordenación predial exige una definición previa del concepto de orden. Tal como se indica a continuación, éste depende del concepto de ecosistema natural que se aplique y éste a su vez del paradigma particular que se considere.

De acuerdo con el Webster's Dictionary, el orden puede definirse como una condición en la que cada cosa está dispuesta de manera de poder desempeñar el papel que le corresponde en un determinado contexto. En el caso de sistemas con un alto grado de artificialización, la asignación del papel de los elementos depende, casi exclusivamente, de la decisión humana; i.e. es externa al sistema. Por esto,

* D'Angelo, C.2002. Marco conceptual para la ordenación de predios rurales. En: Gastó, J., P. Rodrigo e I. Aránguiz. Ordenación Territorial, Desarrollo de Predios y Comunas Rurales. Facultad de Agronomía e Ingeniería Forestal, Pontificia Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

en principio cabría la posibilidad de tantas ordenaciones como propósitos humanos, por lo cual, lo que significa orden para una persona puede no serlo para otra. Por el contrario, cuando se trata de ecosistemas naturales, el orden deriva del ajuste desarrollado entre el propio sistema y su entorno; en este caso, los estados posibles están restringidos por las características estructurales y funcionales de los propios sistemas involucrados.

En este contexto, la ordenación de un ecosistema tecnónatural dependerá de los dos aspectos mencionados previamente: en primer lugar, de las restricciones impuestas por la integración del ecosistema natural; en segundo lugar, de las propias decisiones humanas.

El concepto de paradigma implica una constelación de conceptos, ideas, aproximaciones y principios compartidos y usados por una comunidad científica para definir los problemas y las soluciones a investigar (Kuhn, 1970). Un paradigma también es una visión parcial del mundo, de la cual cabe esperar tanto méritos como limitaciones.

Lejos de estar consolidado, el marco conceptual para el estudio de los sistemas vivos, desde organismos a paisajes, ha experimentado cambios importantes en el transcurso de las últimas décadas. A partir de ellos, en lo que sigue se define el paradigma en el que se sitúa el problema que aquí se aborda.

PARADIGMA DEL EQUILIBRIO. EL BALANCE DE LA NATURALEZA

En una etapa temprana del desarrollo de la ciencia, los sistemas vivos se ubican en el contexto del paradigma del equilibrio, asociado a la metáfora cultural del “balance de la naturaleza” (Pickett, Parker y Fiedler, 1992). La concepción del balance de la naturaleza se enraíza en los propios orígenes de la cultura occidental, es evidente en la cosmología griega temprana y, desde entonces, ha evolucionado de diferentes formas.

Durante décadas, la aplicación del paradigma del equilibrio al estudio de los sistemas complejos se ha sustentado en los principios de la cibernética y la teoría general de sistemas; de este modo, hasta mediados de 1970 los progresos en ecología y otras ciencias fueron pautados por el énfasis en la estructura, adaptación y equilibrio dinámico (*steady state*) de los sistemas (Jantsch, 1980).

La característica dominante del paradigma del equilibrio es su énfasis en la tendencia de todo sistema hacia un punto o estado de equilibrio estable¹. Esto implica excluir o minimizar el papel de los efectos históricos, heterogeneidad espacial, factores

estocásticos y perturbaciones ambientales ocasionales, en la dinámica de los sistemas ecológicos.

De acuerdo con este paradigma, el orden o meta de un ecosistema natural corresponde al estado de equilibrio dinámico entre éste y su entorno; puesto que aquí se postula la autonomía del ecosistema natural, se entiende que éste es capaz de alcanzar el equilibrio por sí mismo y que toda intervención humana directa es un obstáculo. En otras palabras, este paradigma desconoce la posibilidad de un efecto ordenador del hombre en el ecosistema natural.

Sin embargo, la idea de “balance” ha tenido más connotaciones culturales y religiosas que fundamentos científicos sólidos e incluso su papel heurístico es confuso. En opinión de Wu y Loucks (1995), no existen evidencias directas que los sistemas ecológicos sean intrínsecamente equilibrados; según estos mismos autores, los organismos individuales son los únicos sistemas en los que se ha demostrado la intervención de mecanismos homeostáticos.

Modelo del Paradigma del Equilibrio. El Sistema Cibernético

En el contexto del paradigma del equilibrio, el ecosistema se concibe como un sistema cibernético. De acuerdo con Parin y Baievsky (1969), éste se define como un complejo integrado por: 1) un sistema dinámico sujeto a control; 2) un sistema que ejerce tal control; 3) existiendo un intercambio de información entre el sistema que controla y el controlado y donde 4) ambos sistemas son influenciados por la información exterior (Figura 1). En este caso, el entorno influye como factor de desestabilización y la retroalimentación negativa es el proceso dominante; a través de ésta, el sistema retorna con mayor o menor velocidad a un estado de equilibrio dado.

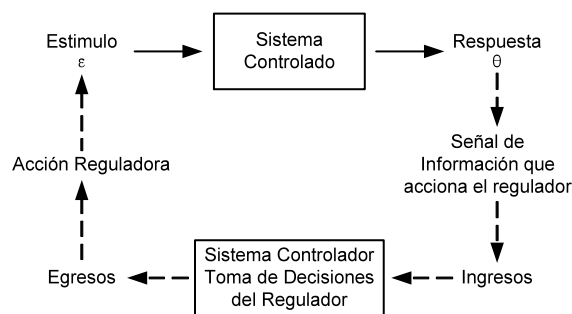


Figura 1. Esquema de un sistema con retroalimentación negativa

Aunque este modelo permitió incrementar el conocimiento y control de maquinarias complejas, fue claramente insuficiente para describir sistemas biológicos y sociales en los que la retroalimentación negativa es un componente del problema junto con otros de importancia similar.

¹ Éste se refiere a un estado particular del sistema en el que se resisten o compensan todos los procesos o factores que podrían generar un cambio.

PARADIGMA DEL NO-EQUILIBRIO. EL FLUJO DE LA NATURALEZA

En el marco del paradigma del no-equilibrio se modifica la conceptualización del ecosistema natural y el significado del orden asociado a éste. Un defecto importante del paradigma precedente es la omisión del papel de las discontinuidades y sorpresas en el entorno del sistema y el hecho que éstos funcionan lejos del equilibrio (Costanza, Daly y Bartholomew, 1993).

Ante estas deficiencias, comienza a incluirse una dimensión evolutiva en el estudio de los sistemas complejos; de este modo, se considera que la adaptación y aprendizaje en sistemas complejos a cualquier escala se explica mediante tres procesos interactivos básicos: 1) almacenaje y transmisión de información; 2) generación de nuevos estados alternativos; y, 3) selección de las mejores alternativas siguiendo algún criterio de comportamiento (Costanza, Daly y Bartholomew, 1993). Respecto de este último punto, estos autores consideran que el potencial termodinámico puede ser una medida cuantitativa apropiada de tal criterio de comportamiento. Concordando con ellos, se señala que las limitaciones y principios termodinámicos pueden aplicarse con ventajas, tanto a los sistemas económicos como ecológicos.

La aplicación de la perspectiva evolutiva a los sistemas termodinámicos marcaría un punto crucial para el desarrollo de un paradigma alternativo al del equilibrio. Para esto fue necesario superar las limitaciones propias de la termodinámica clásica, apropiada para sistemas cerrados y procesos que ocurren cerca del equilibrio termodinámico, pero inadecuada para los sistemas vivos. En este sentido, sobresale el trabajo pionero de Prigogine y Stenger (1984) sobre la termodinámica del no-equilibrio².

Entre las características sobresalientes de este paradigma, pueden mencionarse las siguientes:

- La perspectiva del “no-equilibrio” no excluye la posibilidad de un estado puntual estable; en este sentido, este paradigma incluye al precedente.
- El sistema natural puede acceder a una diversidad de estados relativamente persistentes y no a un único estado estable. Tales estados y las vías para llegar a ellos dependerán de una diversidad de factores: estado inicial del sistema, restricciones dominantes, la influencia de sistemas adyacentes o distantes, entre otros.
- El sistema natural está abierto a la influencia de su entorno, hasta el punto que la propia regulación puede ser externa al sistema mismo. Una

consecuencia inmediata de esta valoración del entorno es la importancia que se asigna a lo contingente y a los fenómenos que se desarrollan en escalas relativamente pequeñas.

- A diferencia del paradigma precedente, aquí se enfatizan los procesos antes que los estados finales. De este modo, se considera que lo importante en un sistema natural es como transcurre (i.e. como afronta las contingencias) antes que lo que ocurre con él cuando alcanza cierto estado final. Según Pickett, Parker y Fiedler (1992), la metáfora cultural que corresponde a este paradigma es la de “flujo de la naturaleza”.

Modelo del Paradigma del No-Equilibrio. El Sistema Complejo Adaptativo (SCA)

Así como el sistema cibernético es el modelo pertinente al paradigma del equilibrio, el Sistema Complejo Adaptativo (SCA) (Gell-Mann, 1995) es un modelo apropiado para los fenómenos biológicos y sociales comprendidos en el paradigma del no-equilibrio. Según este autor, entre las características propias de un SCA genérico pueden mencionarse las siguientes (Figura 2):

- La existencia de una interacción continua entre el sistema y un entorno cambiante.
- El despliegue de un cierto número de esquemas adaptativos acumulados en la memoria del sistema, en respuesta a los datos actuales provenientes del entorno.

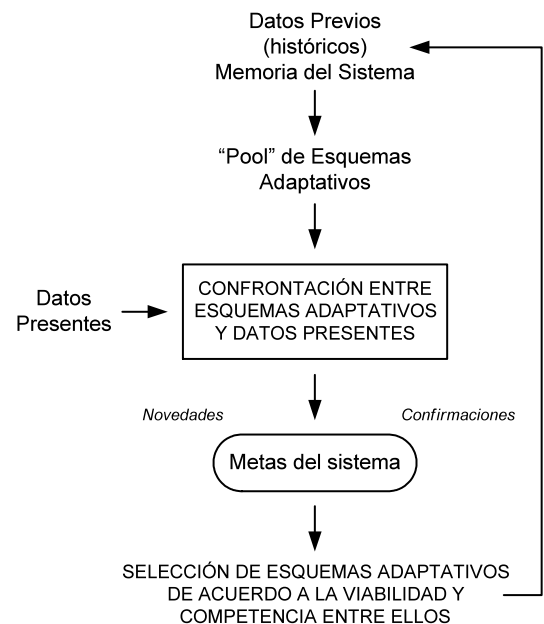


Figura 2. Modelo genérico de un sistema complejo adaptativo (Gell-Mann, 1995)

- La ocurrencia de confirmaciones y novedades (sensu Jantsch, 1980), derivadas de la confrontación entre los esquemas adaptativos

² Ésta se aplica a sistemas conocidos genéricamente como “disipativos”, caracterizados por formarse y mantenerse a través del intercambio de materia y energía en condiciones alejadas del equilibrio

presentes en la memoria del sistema y, los datos externos. Las confirmaciones ocurren cuando los esquemas adaptativos históricos permiten responder a los datos actuales; en caso contrario, los datos actuales se identifican como novedades. Esto permite maximizar lo que Von Weizsäcker (1974) llama la información pragmática del sistema³.

- Ante las novedades se pone a prueba la flexibilidad adaptativa del sistema, a través de la generación de esquemas distintos de los preexistentes. Eventualmente, puede ocurrir que los esquemas de respuesta del sistema sean inadecuados para los datos presentes; en estas circunstancias el sistema colapsa.
- La selección de los esquemas adaptativos dependerá de la meta particular del sistema.

El modelo general de la dinámica de sistemas complejos de Holling (1988); citado por Costanza, (1993), puede considerarse una extensión del SCA con énfasis en la dimensión temporal del problema (Figura 3). Este modelo describe la dinámica del sistema, definiendo cuatro fases secuenciales: explotación, maduración, liberación y, reorganización.

La fase de **explotación** corresponde a un estado de organización incipiente del sistema, caracterizado por la ocurrencia de cambios relativamente importantes en su arquitectura y funcionamiento. En el caso de un ecosistema, esta fase corresponde a las etapas pioneras de la sucesión; en un sistema predial corresponde a la etapa de ajuste inicial de la biogeoestructura, tecnoestructura, hidroestructura y espacios prediales (*sensu* Gastó, Cosío y Panario, 1993).

La fase de **maduración** ocurre como consecuencia del ajuste gradual del sistema a las condiciones de un entorno estable; en un ecosistema natural esto corresponde a la aproximación al clímax; en el sistema predial al ajuste estructural y funcional del predio como un todo, de acuerdo con las metas fijadas por el administrador.

Las fases de **liberación** y **reorganización** se desarrollan cuando los cambios en el entorno hacen inadecuado el orden existente. La liberación o “*destrucción creativa*” (Schumpeter, 1950; citado por Costanza, 1993) representa el quiebre de las estructuras maduras a través de eventos traumáticos aperiódicos (v.gr. incendios, tormentas y circunstancias del mercado, entre otros). Los elementos liberados (luz, agua, nutrientes, potreros,

capital) quedan disponibles para la reorganización primero y luego para el ingreso en una nueva fase de explotación.

La magnitud de la destrucción creativa depende de la complejidad y rigidez de las estructuras desarrolladas durante la etapa de maduración: a mayor complejidad y rigidez menor la resiliencia del sistema (v.gr. ecosistemas de selva tropical o burocracia centralizada, entre otros). En el caso del predio, la fase de liberación se inicia con la certidumbre de que el planteo agrícola⁴ que se viene desarrollando es inviable; la fase de reorganización coincide con la etapa de planificación del nuevo planteo agrícola.

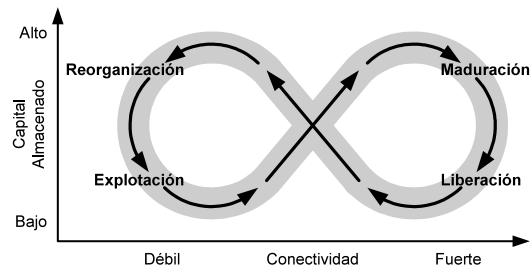


Figura 3. Modelo general de Holling sobre la dinámica de sistemas complejos (1987). El ciclo refleja cambios en dos atributos: sobre el eje de la ordenada, la cantidad de capital acumulado (nutrientes, carbono, capital) en las variables dominantes del momento. Sobre el eje de la abscisa se indica el grado de conexión entre las variables

Una característica importante de este modelo es que la continuidad o sostenibilidad del sistema requiere, tanto del ajuste progresivo de un estado de ordenación dado, como su reajuste en dirección a un estado de ordenación distinto. Lo primero ocurre en tanto se mantienen las condiciones generales del entorno y da lugar a lo que aquí se denomina etapa de ajuste del sistema; lo segundo corresponde a la etapa de reajuste y se inicia cuando las alteraciones del entorno hacen inadecuado el orden existente. La primera etapa incluye las fases de explotación y maduración; la segunda, las de liberación y reorganización.

Durante la etapa de ajuste, el sistema se comporta como un sistema cibernético y el progreso en su ordenación puede caracterizarse aplicando las propiedades formales definidas por Von Bertalanffy (1975) para este tipo de sistema; de acuerdo con ellas, el estado inicial del sistema es de simplicidad extrema, o de totalidad indiferenciada; en este estado, el control está centrado en el sistema mismo y los cambios que ocurren en cualquier elemento significan cambios en

³ La información pragmática alcanza el máximo cuando ocurre un balance entre las confirmaciones y las novedades. Un 100 % de novedad no contiene información pragmática y deriva en una situación caótica. Un 100 % de confirmación no trae nada nuevo y deriva en el estancamiento o la muerte. Entre ambos extremos se ubica un máximo finito, cuya ubicación precisa depende de la información intercambiada, de la complejidad del emisor y del receptor, etc. (Jantsch, 1980).

⁴ De acuerdo con Gastó (1983), la agricultura puede definirse como: “la serie de procesos de artificialización de ecosistemas de recursos naturales renovables con el fin de optimizar la calidad y cantidad del cambio de estado canalizable hacia el hombre y su cosecha por éste”.

todos los demás (Figura 4). En el transcurso del tiempo y a medida que decrecen las interacciones entre los elementos, ocurre una segregación progresiva de diferentes subsistemas. Este es el primer paso para el desarrollo de un orden más complejo y es particularmente importante en los sistemas biológicos, psicológicos y sociológicos. La segregación progresiva de componentes requiere de una cierta mecanización; ésta ocurre cuando los elementos segregados desarrollan funciones que sólo dependen de ellos mismos y, al mismo tiempo, decrece la dependencia de una regulación centrada en el sistema. La etapa final es de centralización y se produce cuando un elemento del sistema adquiere una función directriz; los cambios que ocurren en este elemento directriz pueden generar un efecto ampliado en el sistema total. Como resultante holística de las etapas anteriores, todo sistema desarrolla una identidad que le es propia.

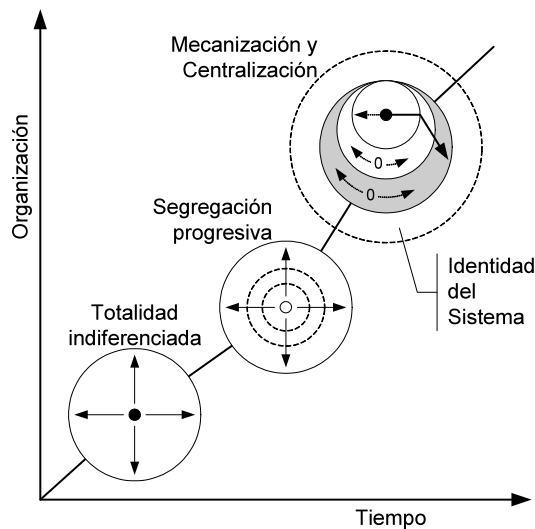


Figura 4. Etapas de desarrollo de un sistema complejo a partir de las propiedades formales de los sistemas cibernéticos de Von Bertalanffy (1975)

A partir del análisis del paradigma del no-equilibrio puede puntualizarse lo siguiente:

- En la dinámica de todo sistema complejo, incluyendo al sistema predial, alternan períodos de estabilidad relativa en las condiciones del entorno con períodos de inestabilidad.
- Durante el período de estabilidad, la continuidad del sistema exige un ajuste progresivo a través de las siguientes etapas:
 - Segregación de un cierto número de subsistemas componentes de acuerdo con la complejidad del sistema.
 - Mecanización de los subsistemas segregados; esto implica un desarrollo arquitectónico y funcional relativamente autónomo de cada subsistema.

- Centralización del sistema en uno de los subsistemas componentes; en esta etapa debe alcanzarse un balance entre la autonomía de cada subsistema y los requisitos de funcionamiento global del sistema completo.
- Durante el período de reajuste, la continuidad del sistema depende de la flexibilidad con la que éste se adecue a las nuevas circunstancias.
- El orden de un sistema cualquiera, incluyendo al sistema predial, se vincula a su continuidad en el tiempo. Tal continuidad requiere un balance entre un ajuste creciente a las condiciones de un entorno estable y, cuando éste se modifica, la flexibilidad necesaria para pasar de una modalidad de organización a otra.

Tal como señalan Wu y Loucks (1995), en la actualidad se acepta que los sistemas vivos cumplen con las características generales de los sistemas de no-equilibrio y que el paradigma del equilibrio no es adecuado para la descripción de éstos; sin embargo, también se advierte que no existe consenso respecto de un paradigma alternativo y que en los últimos años se han desarrollado diferentes perspectivas al respecto. En términos generales, los modelos de no-equilibrio se caracterizan por su apertura, dinámica transitoria y la inclusión de procesos estocásticos; aun cuando estos modelos también incluyen el concepto de niveles de organización (individuo, población, comunidad y ecosistema), se observa que éstos no constituyen una jerarquía anidada y no incorporan el efecto de la escala y la heterogeneidad espacio-temporal (Wu y Loucks, 1995). Ante estas deficiencias, estos autores combinan la teoría general de la dinámica de parches con la de los niveles de integración para desarrollar una perspectiva superadora de la precedente: el “paradigma de la dinámica jerárquica de parches”.

LA PERSPECTIVA DE LA DINÁMICA JERÁRQUICA DE PARCHES

En su sentido más amplio, un parche⁵ es una unidad espacial distinta de su entorno en naturaleza o apariencia (Wu y Loucks, 1995); otras definiciones de parche son las siguientes: “una discontinuidad delimitada y conectada en una matriz homogénea de referencia” (Levin y Paine, 1974; citados por Wu y Loucks, 1995); “una región del ambiente donde la abundancia de algo, organismos o recursos, es alta” (Roughgarden, 1977; citado por Wu y Loucks, 1995). Al nivel de paisaje, Forman y Godron (1986) definen un tipo particular de parche longitudinal: el corredor; éste, junto con la matriz de fondo y el parche propiamente dicho constituyen los tres elementos estructurales principales del paisaje.

⁵ Traducción del inglés “patch”.

La identidad física del parche puede variar considerablemente, de acuerdo con el sistema en estudio y la escala en la que aquél se ubica. De acuerdo con la escala, un parche puede ser un continente rodeado por océanos, un segmento boscoso con un entorno de campos agrícolas y sectores urbanos, un claro en el bosque, un sector quemado en una comunidad vegetal, o un agrupamiento planctónico en un sistema acuático. Los parches pueden caracterizarse por sus dimensiones, formas, contenidos, duración, complejidad estructural y límites, entre otros. El conjunto de parches presentes en un espacio dado generan un patrón o “patchiness”⁶, caracterizado por la composición de los propios parches (tipo y abundancia relativa) y su conformación espacial (dimensión, forma, yuxtaposición, contraste y características de los límites). El grado de “patchiness” en un ambiente dado depende de la percepción de los organismos presentes; un insecto, un pájaro o un mamífero percibirán distintas escalas de “patchiness”. En la Figura 5 se presentan los diferentes tipos de parches generadores de “patchiness” junto con sus causas y mecanismos correspondientes.

Según Wu y Loucks (1995), los postulados centrales de este paradigma son:

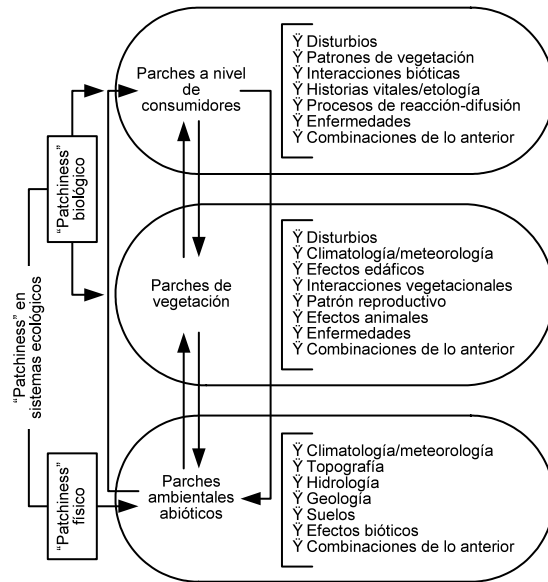


Figura 5. Marco conceptual del “patchiness” con sus causas y mecanismos correspondientes. Las causas y mecanismos pueden operar en una variedad de escalas organizativas espacio-temporales formando diferentes jerarquías. Los disturbios pueden ser naturales (v.gr. incendios) o antropogénicos (v.gr. cosecha de biomasa) y pueden dividirse en categorías menores de acuerdo con las escalas espacio-temporales. Las interacciones biológicas incluyen competencia, depredación, herbivoría selectiva, parasitismo, comensalismo y alelopatía (Adaptado de Wu y Loucks, 1995)

- a *Un sistema ecológico es un mosaico de parches, organizados en jerarquías discontinuas anidadas.* Mientras los modelos de no-equilibrio tradicionales consideran al organismo, población, comunidad o ecosistema, como unidad ecológica básica, aquí se entiende que el parche es la unidad estructural y funcional fundamental. Tal como se mencionara previamente, la percepción de un parche depende de la escala y el contexto en el que se sitúe el fenómeno; de este modo, todo sistema ecológico está integrado por una jerarquía anidada de parches con diferentes dimensiones, formas y estadio sucesional. En esta organización jerárquica puede observarse la acción estructuradora de los disturbios, actuando en distintas escalas espacio-temporales. A modo de ejemplo, un ecosistema de bosque puede conceptualizarse como un mosaico dinámico de parches diferentes (en forma, composición, dimensión, estadio sucesional, etc.) generados por disturbios (incendios, caída de árboles, etc.) de distinta magnitud.

⁶ Se utilizará el término inglés por no existir un equivalente apropiado en español.

- b La dinámica de los sistemas ecológicos resulta de la dinámica de sus parches constituyentes.** La dinámica de los sistemas ecológicos jerárquicamente estructurados, emerge de la dinámica e interacciones de sus parches constituyentes actuando en distintas escalas. De acuerdo con esto, la dinámica de un bosque resulta de la combinación de procesos locales (v.gr. la dinámica individual de los claros) y procesos regionales (v.gr. las interacciones biológicas y físicas con el suelo y los patrones de drenaje). Del mismo modo, la dinámica del paisaje regional emerge de la dinámica de sus ecosistemas componentes y de los intercambios de energía y materiales a través de procesos topográficos, hidrológicos y otros varios de naturaleza física y biológica. En este marco conceptual, la dinámica del sistema predial como un todo, puede considerarse un emergente de la dinámica e interacciones entre sus elementos constituyentes (los diferentes espacios prediales); por otra parte, el predio, junto con otros parches jerárquicamente similares (otros predios) afectará al nivel inmediatamente superior (paisaje).
- c** Respecto de la complejidad jerárquica de los sistemas ecológicos, O'Neill (1988) citado por Wu y Loucks, (1995) menciona la conveniencia de restringir el estudio a unos pocos niveles: el nivel focal y los dos adyacentes. Por nivel focal se entiende aquel en el que los fenómenos o procesos en estudio operan típicamente; el nivel superior proporciona un contexto e impone restricciones, mientras en los niveles inferiores operan los mecanismos y se manifiestan las limitaciones. Un

componente en cierto nivel jerárquico sólo experimenta como variables a aquellos elementos que adquieren identidad, tanto en su tasa como en sus dimensiones, en su misma escala. La dinámica de los fenómenos a menor escala es tan rápida que su efecto se incluye como promedio; mientras la dinámica de los procesos que ocurren a mayor escala es tan lenta, que se incorporan como constantes (Urban, O'Neill y Shugart; 1987; citado por Wu y Loucks, 1995).

- d Los fenómenos emergentes en las diferentes escalas derivan de la interacción entre patrones y procesos.** Los patrones espaciales, temporales o funcionales que emergen en cierta escala (paisaje, predio, etc.) dependen de los procesos actuantes. Estos procesos incluyen los movimientos e interacciones entre los organismos, la transformación de energía y materiales, trayectorias sucesionales, cambios en el "patchiness" y respuestas a los cambios ambientales e intervenciones antropogénicas (Pickett y Parker, 1994). Por otra parte, los patrones espaciales imponen limitaciones estructurales sobre los procesos ecológicos que operan en diferentes niveles de organización. Esta interrelación entre patrones y procesos es fundamental para la perspectiva de la dinámica de parches; una cierta diversidad de procesos puede crear, mantener, modificar o destruir patrones; mientras los patrones pueden facilitar o restringir los procesos ecológicos (Wu y Loucks, 1995).

En la Figura 6 se sintetiza la evolución del marco paradigmático en el que se sitúa el problema de la ordenación.

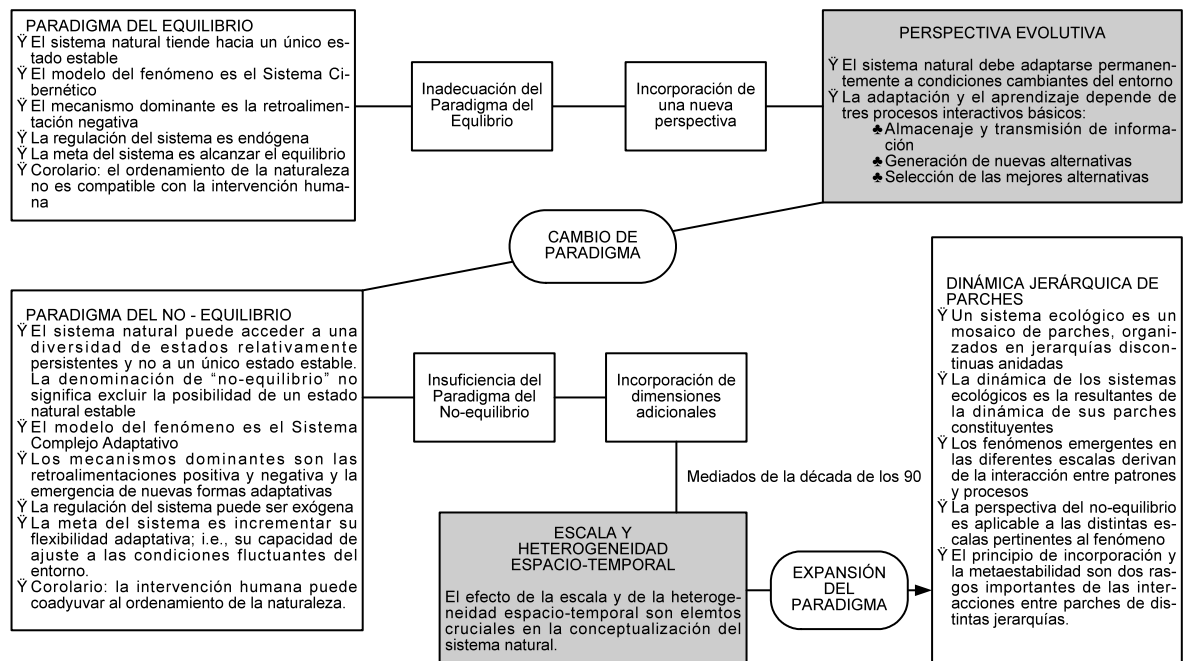


Figura 6. Los cambios en el concepto de ecosistema natural en el transcurso de las últimas décadas

Además de los postulados señalados, Wu y Loucks (1995) mencionan otras dos características importantes de la Dinámica Jerárquica de Parches: su énfasis en la perspectiva del no-equilibrio y la inclusión de los conceptos de *incorporación* y *metaestabilidad*.

Respecto de lo primero, esta teoría permite hacer hincapié en el no-equilibrio y los procesos estocásticos. Respecto de lo segundo, el principio de incorporación sostiene que la dinámica de no-equilibrio en cierta escala puede transformarse en estados metaestables de cuasi-equilibrio a niveles espacial o temporalmente superiores (Wu y Loucks, 1995). De este modo, aquello que es un disturbio en cierto nivel, puede dejar de serlo en un nivel superior (Urban, O'Neill y Schugart, 1987; citado por Wu y Loucks, 1995)⁷.

LA ORDENACIÓN DEL SISTEMA PREDIAL

A partir del marco paradigmático desarrollado, a continuación se enuncian los postulados desde los que se aborda el problema del diseño predial:

- El predio puede conceptualizarse como un Sistema Complejo Adaptativo (*sensu* Gell-Mann 1995) expuesto a períodos alternantes de estabilidad e inestabilidad. Desde una perspectiva estructural, el predio puede considerarse un parche a escala de paisaje⁸, integrado a su vez por una diversidad de elementos jerárquicamente inferiores al propio predio. En predios con meta agroproductiva, los potreros agrícolas constituyen la matriz; los caminos internos, cortinas forestales, etc. son corredores; y los espacios para almacenaje, viviendas, etc. son otros tantos parches.
- El problema del diseño predial involucra tres niveles jerárquicos anidados: el paisaje (nivel contextual superior), el predio (nivel focal del problema) y los subsistemas prediales (niveles constitutivos inferiores). El paisaje es el contexto e impone un marco superior de restricciones para el diseño predial; de la interacción entre los subsistemas prediales deriva el funcionamiento global del predio y un segundo conjunto de condicionantes para el diseño (Figura 7).
- Los fenómenos emergentes a escala predial (productividad, sustentabilidad, equidad) derivan de patrones y procesos actuantes tanto en el ámbito de paisaje como de los subsistemas prediales. En este sentido, los procesos asociados al uso del espacio predial (producción, recreación,

protección) imponen restricciones a los patrones de organización resultantes; por otra parte, el patrón de organización espacial puede favorecer o dificultar los procesos vinculados a su uso. En la Figura 8 se muestran los niveles jerárquicos considerados en el diseño predial y las variables correspondientes a cada uno.

⁷ Los claros abiertos por la caída de unos pocos árboles en distintos sitios del bosque generan una dinámica local de no-equilibrio en ese nivel; al mismo tiempo, a escala de bosque, los claros integran un mosaico cambiante (mientras algunos claros se cierran otros se abren) y estable (la presencia de claros es una característica permanente del bosque).

⁸ En paisajes rurales altamente transformados, el conjunto de predios constituyen la matriz de fondo

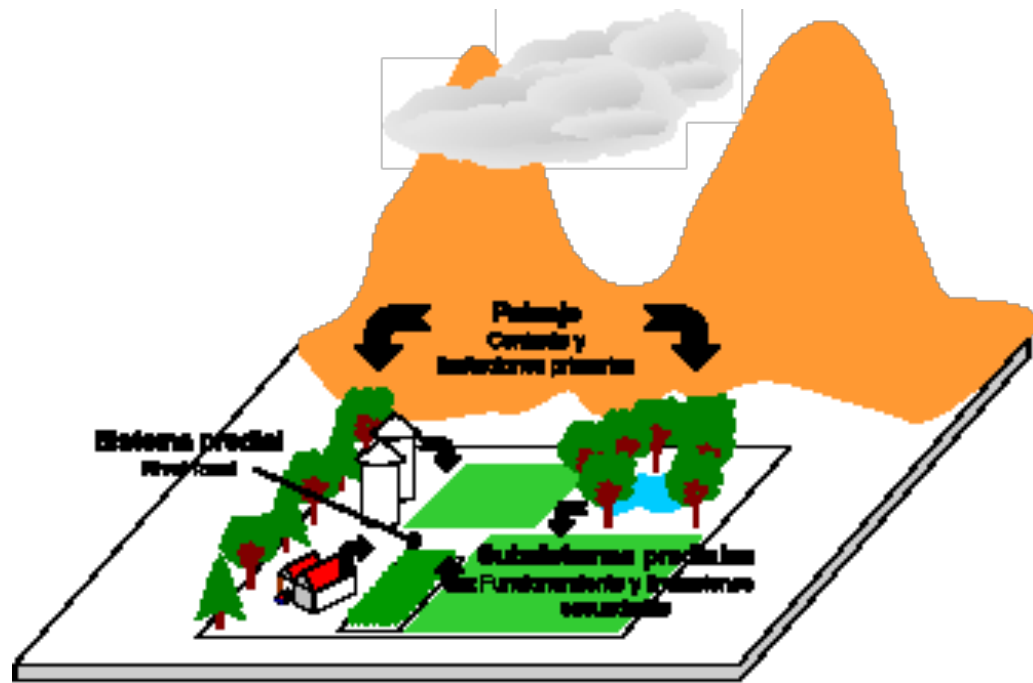


Figura 7. Los tres niveles involucrados en el diseño predial: el predio propiamente tal, con sus subsistemas componentes en el contexto del paisaje

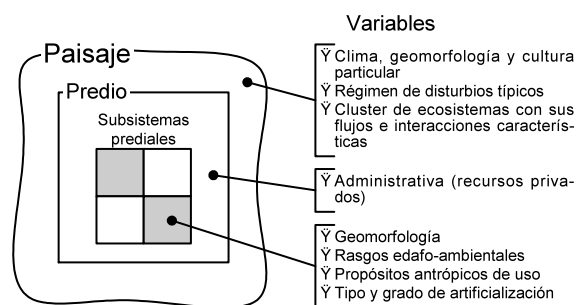


Figura 8. Niveles pertinentes al problema del diseño predial y variables correspondientes a cada uno

En lo que sigue se profundiza en los alcances del marco conceptual, caracterizando someramente los niveles jerárquicos pertinentes al problema del diseño.

NIVEL DE PAISAJE EN EL DISEÑO PREDIAL

Según Etter (1990), los paisajes son una asociación característica de patrones estructurales, funcionales y temporales, derivados de la interacción entre los factores formadores actuando en circunstancias y condiciones específicas de tiempo y espacio (Figura 8). Los patrones representan las propiedades emergentes del sistema paisajístico; respecto de ellos, es posible discriminarlos en dos grandes categorías: el *fenosistema*, o patrones visibles, y el *criptosistema*, o patrones no visibles (González-Bernáldez, 1981; citado por Etter, 1990)(Figura 9).

Lo fenosistémico se compone de dos partes principales: la geoforma, que se refiere a la morfología

de la superficie terrestre y la cobertura, que se vincula a todos los elementos naturales o culturales que cubren la superficie terrestre. El criptosistema incluye las características y procesos del paisaje que no son visibles o subyacen a su expresión fenotípica.

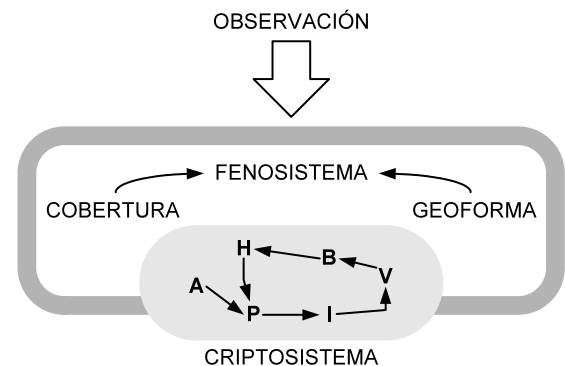


Figura 9. Patrones visibles (fenosistema) y no visibles (criptosistema) del sistema paisajístico (Tomado de Etter, 1990)

Propiedades Primarias del Paisaje

Según González-Bernáldez (1981), los patrones característicos de un paisaje cualquiera derivan de la interacción de las tres propiedades primarias siguientes:

- **Propiedad Vectorial.** Ésta se vincula a la influencia del tipo de sustrato y su génesis (clima, litología, edad, geomorfología, hidrología, etc.) e influye en el movimiento de los materiales que dan unidad a una cuenca.

- **Propiedad Equipotencial.** Ésta se vincula con las variaciones latitudinales y altitudinales y determina las características climáticas y de zonalidad.
- **Propiedad Celular.** Ésta deriva de las discontinuidades en los patrones de distribución de las actividades humanas, del sustrato (hidrología, litología, suelos), etc. y genera las características de azonalidad e intrazonalidad.

Funcionamiento y Estructura del Paisaje

Desde una perspectiva funcional, todo paisaje es producto de una interacción diversa entre procesos naturales y culturales (Figura 10).

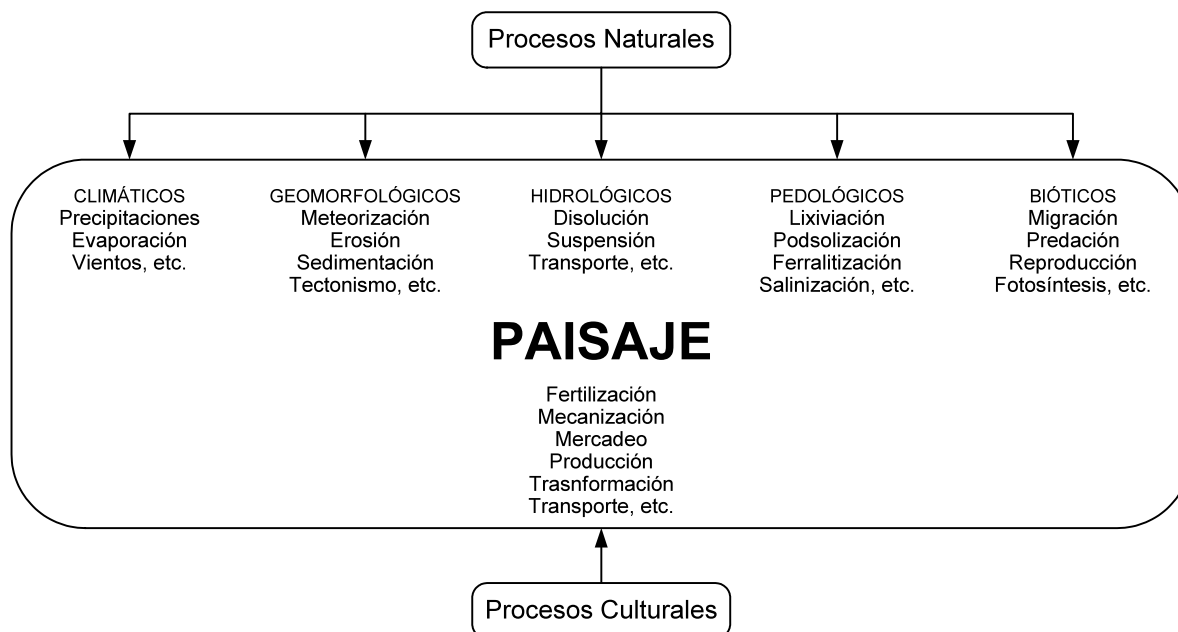


Figura 10. Procesos naturales y culturales en la conformación del paisaje

Los procesos que ocurren en el paisaje pueden discriminarse en pasivos o activos, según actúen a favor o en contra de la gravedad.

Los procesos pasivos, tales como los geomorfológicos e hidrológicos, siguen los gradientes gravitacionales y son relativamente predecibles; a largo plazo, estos procesos tienden a homogeneizar el paisaje a través del aplanamiento del relieve y la redistribución de la materia en el espacio geográfico.

Los procesos activos pueden reforzar o debilitar los efectos de los procesos pasivos y derivan de agentes bióticos móviles, particularmente de la fauna y el hombre; además, se caracterizan por requerir una inversión de energía por parte del agente que los desencadena, no tener una dirección e intensidad muy definida y admitir la posibilidad de una intencionalidad por parte del agente causal.

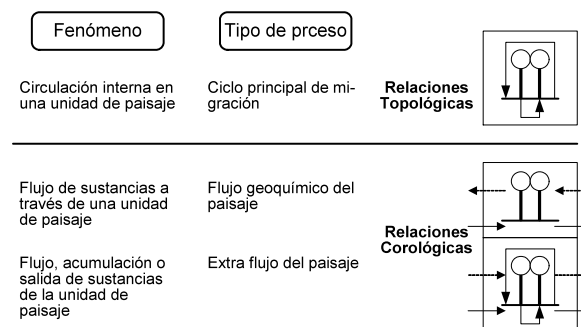


Figura 11. Fenómenos y procesos topológicos y corológicos en el funcionamiento del paisaje (Etter, 1990)

Las perturbaciones ecosistémicas (deslizamiento, huracanes, quemas, etc.) pueden afectar al paisaje en forma drástica, generando cambios en su estructura y funcionamiento. Donde las perturbaciones son crónicas, éstas imprimen condiciones de estructura y comportamiento característicos; v.gr. áreas con

quemadas recurrentes, o geomorfológicamente inestables con deslizamientos frecuentes.

En todo paisaje se distinguen tres elementos estructurales fundamentales: parches, corredores y matriz de fondo (Forman y Godron, 1986).

Los corredores son parches longitudinales, particularmente conspicuos en los paisajes culturales, con la propiedad general de unir o bien separar elementos dentro de una matriz geográfica⁹. Entre ellos, los corredores vinculados a los procesos naturales se relacionan con las redes de drenaje, vías de migración animal, singularidades litológicas o hidrológicas, etc.; por su parte, los corredores culturales se asocian a la infraestructura, actividades de transporte, límites de propiedades, áreas de manejo, etcétera.

Aun cuando las funciones ecosistémicas de los corredores son variables, en términos generales éstas se relacionan con el flujo de materia, especies y energía a través del paisaje; entre los factores determinantes del funcionamiento de los corredores se incluye la homogeneidad y regularidad del corredor, número de nodos o bifurcaciones, presencia de rupturas, tipo y características de la red que integran, etcétera.

La matriz es el elemento estructural más extenso e interconectado del paisaje y suele cumplir un papel funcional significativo. A partir de la extensión de la matriz, pueden diferenciarse los paisajes de baja porosidad, que son los formados por una matriz extensa, parches escasos y corredores diseminados; y los paisajes de alta porosidad, formados por un mosaico complejo de parches; entre ambos extremos, existe un gradiente de paisajes de características intermedias.

Actividad Humana y el Paisaje

En esencia, todo paisaje es producto de la interacción entre la actividad humana y la naturaleza (Meewe, Ploeg y Wijermans, 1988). En este sentido, los efectos de las actividades humanas sobre el paisaje dependen de la tecnología, las formas de uso de la tierra, la densidad poblacional y la estructura social o comunitaria; todo esto incide en el grado e intensidad de la relación entre el entorno humano y el entorno biofísico y se refleja en paisajes con patrones característicos (Etter, 1990).

A partir de lo mencionado, Forman y Godron (1986) distinguen cinco tipos de paisajes, definidos por el tipo, grado e intensidad de la actividad humana que los afecta.

Paisajes naturales. Puesto que no existen paisajes exentos de la influencia humana, por paisaje natural se entiende aquel que no muestra un impacto humano significativo (regiones polares, desiertos, selvas tropicales, etc.). Estos paisajes suelen presentar una matriz altamente interconectada, rodeada por parches y corredores en baja densidad. Predominan los parches de recursos ambientales¹⁰ y, en menor medida, los de perturbación¹¹; los corredores presentes suelen corresponder a las vías de drenaje. La complejidad estructural y biomasa de la vegetación pueden ser elevados.

Paisajes manejados. Corresponden a las áreas de pastoreo o uso forestal, en las que se manejan y cosechan las especies nativas. A diferencia de los paisajes naturales, la matriz, aun siendo extensa, suele estar menos interconectada; la biodiversidad decrece, especialmente la de la matriz, por la expansión de algunas especies afines al nicho humano. Se multiplican los corredores lineales vinculados a los sistemas de comunicación (vías de extracción); se incrementa el número de parches, especialmente los de perturbación, aunque decrece su tamaño y variabilidad. Mientras el manejo humano tiende a aumentar la productividad neta promedio, también altera los ciclos biogeoquímicos, ocasionando pérdidas en el sistema. Las especies nativas tienden a desaparecer, especialmente aquellas que ocupan niveles tróficos superiores y tienen territorios extensos.

Paisajes cultivados. Son aquellos en los que predominan las actividades agropecuarias, con el reemplazo de las especies nativas por otras domésticas; por lo general se disponen en mosaicos en los que también hay parches habitacionales y de paisajes manejados. Una característica notable de los paisajes cultivados es su geometrización creciente y el predominio de parches y corredores. La matriz original experimenta una reducción de su conectividad constituyendo parches aislados. También aumenta la complejidad del sistema de corredores por la proliferación de vías de comunicación, canales, setos vivos, etc.

⁹ El concepto de "parche" fue abordado antes, en el contexto de la Dinámica Jerárquica de Parches.

¹⁰ Son aquellos provocados por la distribución agregada de algún recurso (cuerpos de agua, núcleos leñosos, manchones de fertilidad, etc.) (Forman y Godron, 1986).

¹¹ Son parches provocados por la acción de un disturbio relativamente significativo, localizados dentro de una matriz extensa (v.gr. los claros que ocurren en el bosque por la acción de diferentes agentes) (Forman y Godron, 1986).

Cuadro 1. Características generales de los elementos estructurales del paisaje

Elemento Estructurales	Función	Tipo de Flujo	Bordes	Propiedades
Corredores	Canales o líneas de flujo	Masivo	Abrupto	Conductividad
	Barrera	Locomoción	(Gradual)	Selectividad
	Filtro			
Matriz	Reservorio	Difusión		Conectividad
	Amortiguador	Masivo		Porosidad
	Disipador			
Parches	Concentrador	Difusión	Gradual o abrupto	Aislador
	Reservorio	Locomoción		

Fuente: El Autor

La densidad de los parches declina y generalmente prevalecen los parches introducidos¹² por sobre los de perturbación. La producción neta tiende a maximizarse, junto con la cantidad de entradas al sistema (fertilizantes, agua, etc.). Los intervalos entre cosechas se regularizan, mientras se incrementa la pérdida de nutrientes. La biodiversidad disminuye, especialmente en áreas de agricultura mecanizada a gran escala. La pérdida de biodiversidad de los parches relictuales¹³ o remanentes deriva del aislamiento y las perturbaciones que los afectan.

Paisajes suburbanos. Áreas con parches residenciales, de cultivos, vegetación seminatural manejada y vegetación natural dispuestas en un mosaico heterogéneo. Éstos son los paisajes más heterogéneos y menos estudiados; se desarrollan alrededor y en conexión a los centros urbanos, por lo que se relacionan directamente con el proceso de urbanización. En estos escenarios aumentan los corredores lineales y la complejidad de las redes de corredores, mientras se minimiza la extensión y conectividad del área matricial. La parcelación del paisaje alcanza el máximo; los parches son tanto remanentes como establecidos. La productividad neta promedio del paisaje oscila entre moderada y baja.

Paisajes urbanos. Son áreas de máxima artificialización, en las que la matriz se compone de construcciones urbanas con algunos parches dispersos de vegetación manejada. Los elementos dominantes son los corredores lineales (calles) y los parches derivados de la agrupación de edificios y parques. A su vez, estos elementos configuran patrones específicos bajo la forma de barrios o áreas de uso distinto.

Sintetizando lo precedente, en la Figura 12 se muestran los efectos de diferentes niveles de intervención antrópica sobre distintos rasgos del paisaje. En ella se muestra en a) Número de parches de diferentes orígenes en función del tipo de paisaje; b)

dimensiones de los parches; c) número de corredores en línea, de corrientes y en fajas; d) extensión y conectividad de la matriz (1= paisajes naturales; 2= paisajes manejados; 3= paisajes cultivados; 4= paisajes suburbanos y 5= paisajes urbanos).

En términos generales, la influencia de la agricultura en la conformación del paisaje extra urbano es una resultante no premeditada, dependiente de la intensidad de la intervención tecnológica; entre las escasas excepciones conocidas, puede mencionarse el entramado de “polders” romanos, el paisaje agrario del Renacimiento italiano y los “polders” holandeses de los siglos XVII y XX (Meews, Ploeg y Wijermans, 1988). Esta discordancia entre agricultura y paisaje deriva de las diferencias entre las escalas espacio-temporales propias de los negocios agrícolas y las escalas espacio-temporales mayores involucradas en el manejo del paisaje.

De acuerdo con Meews, Ploeg y Wijermans, (1988), la interacción agricultura-paisaje en el contexto europeo da lugar a cuatro grandes tipos de resultantes, probablemente extrapolables a otras regiones del planeta: continuidad, ruptura, deterioro y flexibilidad.

- **Continuidad.** Ocurre cuando los desarrollos recientes en el uso de la tierra se gestan sobre el patrón histórico existente, generando una cierta continuidad entre el pasado y el presente; en el contexto europeo esto es poco frecuente, aunque se manifiesta en el paisaje de “bocage” de la Bretaña y Normandía francesa, el Oeste de Dinamarca, Gales, el Sudoeste de Escocia y el Este de Irlanda (Meews, Ploeg y Wijermans, 1988).
- **Ruptura.** Resulta de una actividad humana deliberada (nuevos asentamientos, desarrollo de la tierra, reforestación) con el fin de adaptar el paisaje a nuevas demandas y requerimientos; de este modo, en pocos años se genera una nueva resultante entre agricultura y paisaje, con la eliminación o transformación de las estructuras precedentes; éste es el caso del paisaje de montados portugués, el paisaje de “kampen” en Vlaanderen (Bélgica), el Sur de Holanda, etc. (Meews, Ploeg y Wijermans., 1988).

¹² Son aquellos constituidos por elementos (animales, vegetales, tecnológicos) introducidos por el hombre (Forman y Godron, 1986).

¹³ Son aquellos espacios que permanecen intactos ante la perturbación de la matriz que los entorna (Forman y Godron, 1986).

- **Deterioro.** Implica cambios rápidos y no planificados, derivados de la reacción de la naturaleza ante la subutilización del paisaje. En estas circunstancias no se planean nuevos objetivos para el cambio de condiciones, no se considera el nuevo balance y estructura ecológica y, no se toma medida alguna para controlar los procesos; de este modo, el viejo paisaje decae y se deteriora. Entre los ejemplos conocidos pueden mencionarse el paisaje de “semi-bocage” del Macizo Central francés y la Galicia española (Meews, Ploeg y Wijermans, 1988).

- **Flexibilidad.** Ocurre donde el uso de la tierra no afecta al carácter original del paisaje. Mientras la continuidad se caracteriza por la presencia de estructuras y elementos fijos (montañas, corrientes, parches de vegetación entre las estructuras, el uso agrícola de la tierra entre los elementos), la flexibilidad implica estructuras fijas y elementos variables. A modo de ejemplo puede mencionarse el paisaje de “polders” en las tierras bajas del Noroeste de Europa y el paisaje de deltas del Sur de Europa (Meews, Ploeg y Wijermans, 1988).

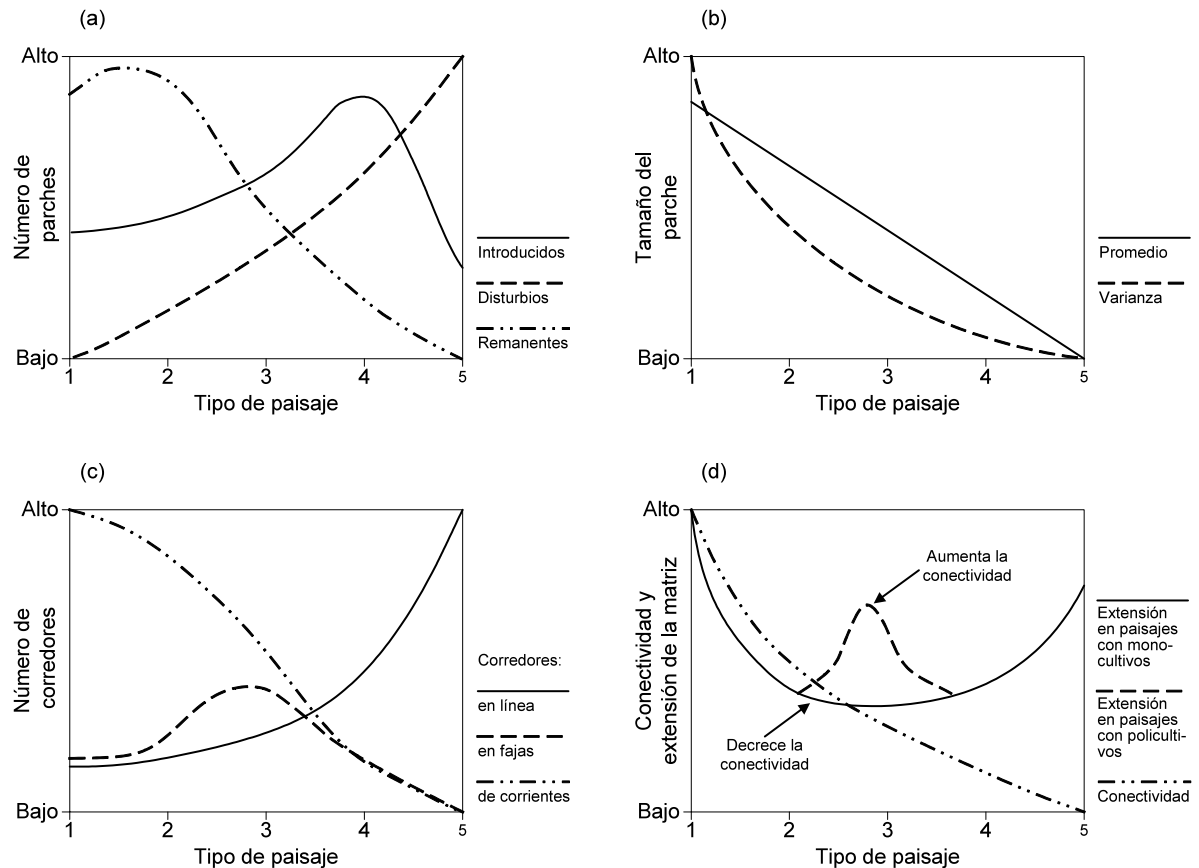


Figura 12. Variación en elementos del paisaje en función del grado de intervención humana (tomado de Forman y Gordon, 1986)

El proceso de cambio que actualmente afecta a la agricultura, inevitablemente, repercute en el paisaje, amenazando con ensanchar la brecha entre su manejo a largo plazo y el uso diario. Ante esto, es importante planificar el desarrollo del paisaje tanto a nivel regional, como nacional y supranacional, particularmente bajo la actual perspectiva del uso múltiple de la tierra.

En este sentido, es importante advertir que la relación entre agricultura y paisaje varía de acuerdo con el tipo de desarrollo presente. Al respecto, Meews, Ploeg y Wijermans (1988) distinguen tres grandes vías de desarrollo para las áreas rurales europeas, con probables equivalentes en otras partes del mundo:

- **Regiones de tipo A.** Son potencialmente apropiadas para la práctica de una agricultura intensiva y competitiva, especialmente destinada a la producción de alimentos; por esto, suelen ser áreas poco pobladas, que sustentan su viabilidad en las actividades económicas relacionadas con la agricultura.
- **Regiones de tipo B.** Son periferias agrario-turísticas, con potenciales de desarrollo endógeno y considerablemente atractivas para el establecimiento de nuevos pobladores. La multiplicidad de actividades que existen en ellas, requiere una coordinación inteligente y el desarrollo de procesos de producción y servicios en

los sectores primarios, secundarios y terciarios, la producción de especialidades locales, la explotación de nichos de mercado y el abastecimiento exitoso de mercados tanto regionales como de exportación.

- **Regiones de tipo C.** Corresponden a las áreas menos favorecidas, con pocas perspectivas de desarrollo futuro y donde además existe una tendencia general al despoblamiento.

NIVEL DE PREDIO EN EL DISEÑO PREDIAL

El nivel focal del problema de diseño predial es el predio propiamente tal. Respecto de éste, existe una diversidad de definiciones dependientes del objetivo que se persiga. Desde una perspectiva económica, Swift y Anderson (1994) lo definen como “la unidad de estudio básica de la agricultura, concebible como un sistema de producción socioeconómicamente definido, bajo el control económico unitario de una familia rural o de una empresa de negocios”. De acuerdo con Gastó, Cosío y Panario (1993) “el predio es la unidad de trabajo y manejo de los productores rurales de una zona dada.”; y agregan: “es un espacio de recursos naturales conectados internamente y limitado externamente, cuyo fin es hacer agricultura. Es la unidad administrativa privada de organización del municipio. La constituyen propiedades, empresas y estilos de vida donde se hace agricultura, utilizándose los recursos naturales y aplicándose tecnologías de las más variadas tipologías”.

En lo que sigue se caracteriza el sistema-problema, considerando que el desarrollo de principios de diseño aplicables a distintas tipologías prediales, exige que éste se sitúe en un nivel de generalidad apropiado.

Tal como se mencionara en el planteo del problema, un ecosistema es un Sistema Complejo Adaptativo (SCA) con tendencia a organizarse, optimizando su flexibilidad adaptativa. Aplicando este concepto al predio, aquí se considera que éste es un SCA principal, integrado por cuatro subsistemas: agroproductivo, natural o no deóntico, de asimilación y disipación y, doméstico (Figura 13).

De acuerdo con Gastó *et al.* (1984), el proceso de diseño procura crear modelos con el objetivo de optimizar un fenómeno. En el contexto del sistema predial, una alternativa de diseño satisfactoria será aquella que:

- Posibilite la sustentabilidad ecológica y económica del sistema.
- Permita el logro de una adecuada calidad de vida para el ser humano individual, siendo, a la vez, socialmente aceptable.
- Exprese una concordancia estético-visual con la identidad del paisaje.

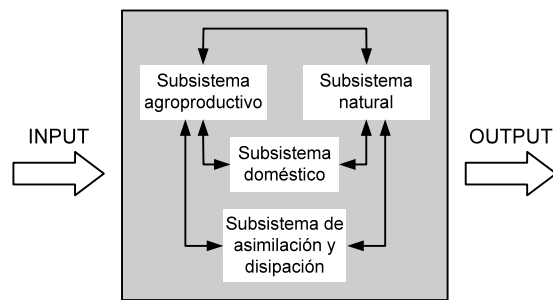


Figura 13. El ecosistema tecnonatural predial y subsistemas componentes (el tamaño y posición de los rectángulos que representan a los subsistemas, deriva del diseño gráfico de la figura) (Fuente: Los Autores)

Nijkamp (1990) expresa estos requisitos en tres dimensiones: sustentabilidad, equidad y productividad; y los integra en un modelo gráfico mediante un triángulo de Möbius. Tal como se observa en la Figura 14, la relación entre estas tres dimensiones es de carácter conflictivo, cuantitativamente complementaria y cualitativamente excluyente; esto significa la imposibilidad de satisfacer todas las dimensiones simultáneamente y la necesidad de buscar un espacio de solución apropiado. La combinación de productividad, equidad y sustentabilidad adecuada a un cierto espacio y tiempo dependerá del ámbito y el entorno global del sistema.

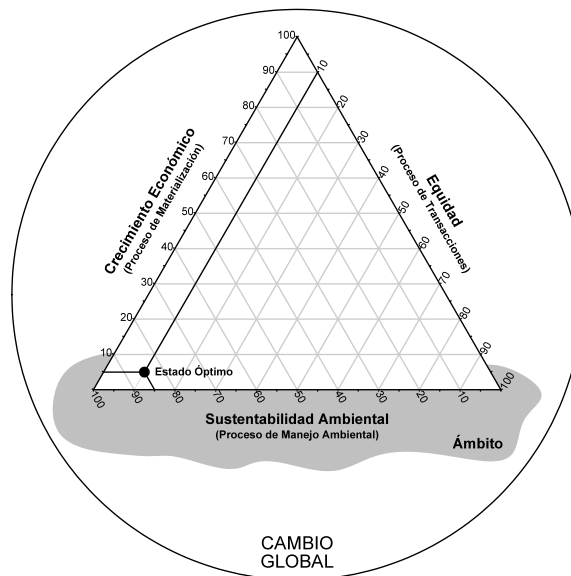


Figura 14. Conflicto de intereses y objetivos complementarios entre crecimiento económico (productividad), equidad (transacciones) y sustentabilidad, de la agricultura, en función del ámbito específico y global, de acuerdo con el modelo de Nijkamp (1990) (Gastó, Vélez y D'Angelo, 1997)

El ámbito tiene que ver con las características propias de la región o el ecosistema, mientras el entorno global depende de la totalidad de regiones, sistemas, elementos o fuerzas que afectan al sistema particular cuya solución se busca.

La influencia del ámbito se manifiesta en los distintos espacios de solución existentes para sitios con diferente receptividad tecnológica y con distintas relaciones de costos–beneficios ante la intervención tecnológica (Figura 15). La influencia del entorno global puede manifestarse de múltiples formas; *v.gr.* a través de los cambios culturales y sus consecuencias sobre la percepción de la productividad, sustentabilidad y equidad; el desarrollo de nuevas

tecnologías, o un mayor acceso a la tecnología existente, a través de lo cual es posible rehabilitar ecosistemas productivos deteriorados, modificar umbrales de sustentabilidad, etcétera.

En torno del espacio de solución (E_0) existe un cierto número de estados subóptimos en los que la integración de sustentabilidad, equidad y productividad deriva en un estado factible aunque no óptimo. Superado un cierto límite de factibilidad hipotético, los estados generados resultan en distintas enfermedades ecosistémicas (desertificación, erosión, pérdida de biodiversidad, etc.) (Figura 16) (Gastó, 1996).

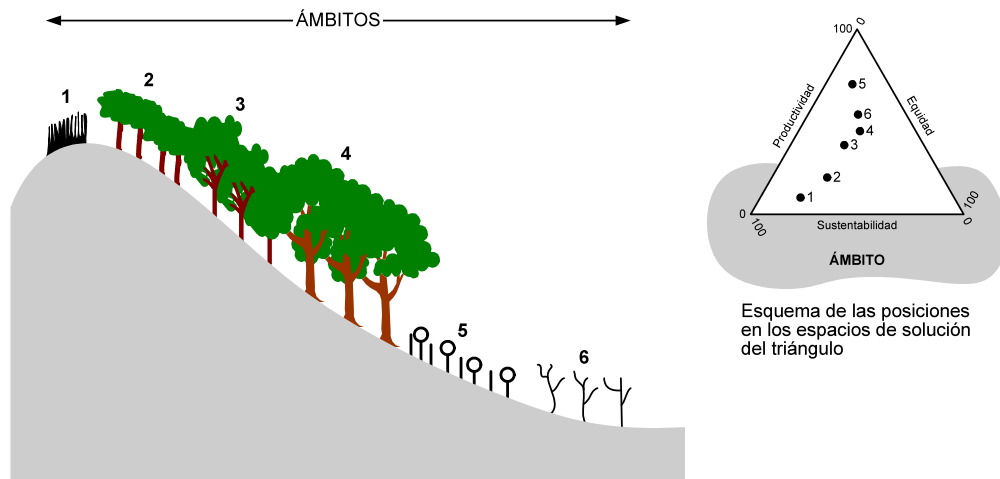


Figura 15. Esquema de la posición del espacio de solución representado por el triángulo de Nijkamp de acuerdo con las características de los ámbitos. En este caso, éstos se representan esquemáticamente por la variación que ocurre en una ladera cualquiera (Gastó, Vélez y D'Angelo, 1997)

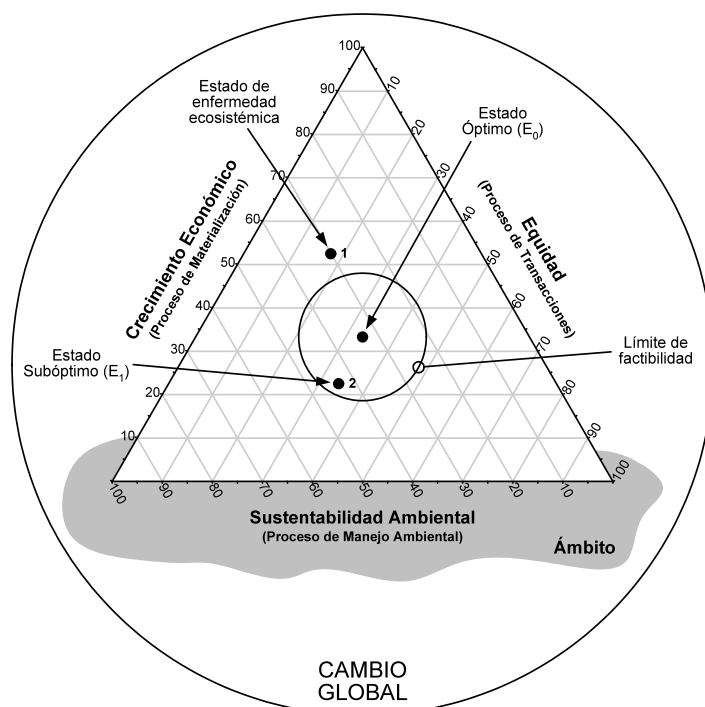


Figura 16. Posiciones relativas del estado óptimo, subóptimo, de enfermedad ecosistémica y límite de factibilidad en el triángulo de Möbius (tomado de Gastó *et al.*, 1997)

Como corolario de lo precedente, se observa que, lejos de ser estático, el espacio de solución cambia en función del espacio y el tiempo considerados.

subsistemas prediales en función de sus respectivas metas antrópicas; la meta del SCA predial resulta de la integración de estas metas parciales (Cuadro 2).

A partir de lo mencionado, es posible caracterizar los

Cuadro 2. Metas antrópicas del sistema predial y subsistemas componentes

Sistema	Meta Antrópica
Agroproductivo	- Generación sustentable de productos agropecuarios. - Producción de alimentos y fibras de modo cuantitativo y cualitativamente apropiado. - Mantención de la capacidad de carga del ecosistema natural. - Mantención del balance entre las entradas y salidas al sistema. - Adecuado reciclaje interno del sistema. - Adecuación entre Usos y Sitios.
Natural (En el subsistema natural predomina una meta propia (no antrópica) vinculada al desarrollo de su flexibilidad adaptativa)	- Facilitar el desarrollo de servicios ecosistémicos de interés humano. - Desarrollo de espacios aptos para la proyección de la necesidad biofílica del hombre.
Disipación y Asimilación Doméstico	- Asimilación y/o disipación de los desechos generados en el sistema predial. - Satisfacción de los requerimientos de hábitat acordes con una calidad de vida apropiada.
Predial	Integración de las metas parciales precedentes.

Fuente: El Autor

Tal como se mencionara en el planteo del problema, en la dinámica de todo sistema complejo, incluyendo al sistema predial, alternan períodos de estabilidad relativa en las condiciones del entorno, con períodos de inestabilidad. Durante el período de estabilidad, la ordenación del sistema predial puede caracterizarse a partir de las propiedades formales de los sistemas cibernéticos propuestas por Von Bertalanffy (1975)

(Figura 4); de acuerdo con éstas, en la ordenación se suceden los estados de: totalidad indiferenciada, segregación progresiva, mecanización, centralización, e identidad. Extendiendo esto al sistema predial, es posible reconocer las siguientes situaciones:

- **Etapa de totalidad indiferenciada.** Antes de la intervención humana, el objeto de diseño es un espacio natural (*sensu* Flores, 1995) (Figura 17) no

deóntico sin canalización antrópica, caracterizado por:

a) Un estado de totalidad indiferenciada¹⁴ (sensu Bertalanffy, 1975) con el determinante de orden centrado en el propio sistema natural.

b) La no-intervención tecnológica.

- ***Etapas de segregación progresiva.*** A partir de la intervención humana ocurre un pasaje desde el sistema natural al tecnosistema (Figura 17).

Éste implica:

a) La presencia activa del actor humano.

b) La definición de un espacio administrativo en el espacio natural.

c) La segregación progresiva del sistema predial en distintos subsistemas.

d) El desplazamiento del determinante de orden desde el sistema natural hasta un subsistema particular del sistema predial (productivo, de asimilación y disipación, natural o doméstico).

Etapas de mecanización y centralización. Durante esta etapa ocurre una cierta autonomía de los subsistemas prediales (mecanización) supeditada al subsistema en el que se sitúa el determinante de orden (centralización). En el caso A (Figura 17) el determinante se centra en el subsistema agroproductivo; en el caso C, éste se ubica en el subsistema natural. Una consecuencia inmediata de la centralización es el desarrollo de una cierta identidad predial.

Desde una perspectiva estructural, el elemento en el que ocurre la centralización del sistema predial constituye su matriz. Según Forman y Godron (1986), ésta puede ser el elemento de mayor extensión o de mayor conectividad, o eventualmente, de mayor importancia ecológica. En el caso del predio, la matriz también puede identificarse con el elemento en el que se centraliza el sistema y éste no siempre es el elemento más extenso. En la Figura 18 (a-c) se observa la importancia de la identidad de la matriz en la ordenación del predio. En la Figura 18 (a) la matriz es el subsistema agroproductivo; consecuentemente, en la ordenación prevalece la funcionalidad del sistema predial por sobre la naturalidad, acentuándose la geometrización de los espacios (parches y corredores); en la Figura 18 (b) la matriz es el subsistema natural, por lo que prevalecen las conexiones y formas naturales (no rectilíneas e irregulares) de los espacios. En ambos casos, la matriz coincide con el elemento más extenso del sistema. En

la Figura 18 (c) el sistema se centraliza en un lago con aptitud turística, aunque éste no es el elemento más extenso. Mientras en el paisaje natural el lago es un parche de recursos inserto en cierta matriz primaria, en el espacio predial éste se transforma en matriz mediante la información tecnológica introducida por el administrador.

¹⁴ Esto no significa que el espacio natural sea uniforme, sino que no existe una segregación derivada de la ordenación humana. Independientemente de esto, los paisajes naturales suelen mostrar un carácter acentuado de unidad, por haberse desarrollado en respuesta a una cierta diversidad de factores actuando en conjunto (geografía, suelos y clima, entre otros).

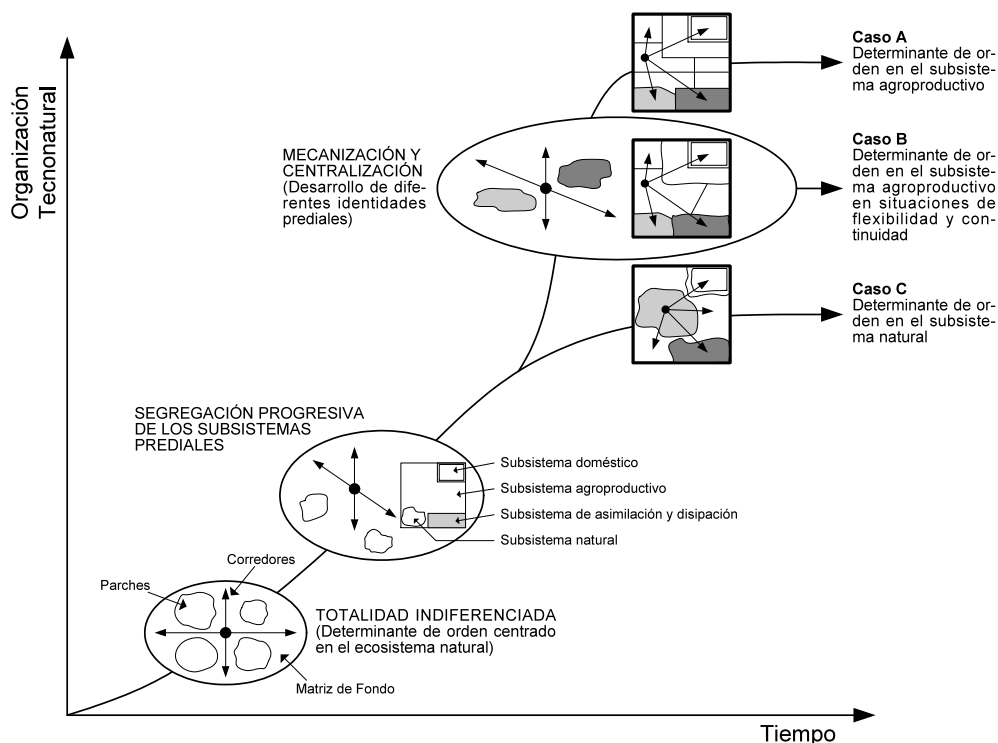


Figura 17. Etapas de desarrollo de un sistema predial durante la fase de ajuste del sistema. La posición del determinante de orden extrapredial (⚡) e intrapredial (⚡) da lugar a identidades prediales distintas (Casos A–C)

Respecto de los controles que actúan en cada uno de los subsistemas prediales, éstos combinan la influencia antrópica y natural en diferentes grados. En este

sentido, la Figura 19 muestra la variación en la relación control natural–control antrópico en los distintos subsistemas.

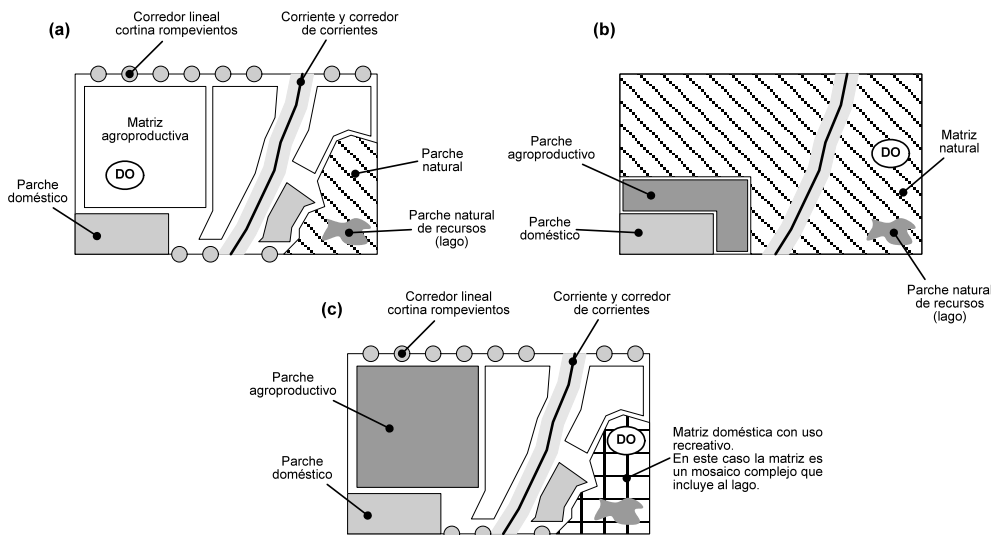


Figura 18. Los elementos estructurales para el diseño predial. En el caso (a) el determinante de orden (DO) se ubica en la matriz agroproductiva; en el caso (b) éste se ubica en la matriz natural. En el caso (c) lo que es parche a escala de paisaje (lago) se transforma en parte de la matriz a escala predial como consecuencia de la información tecnológica introducida al sistema

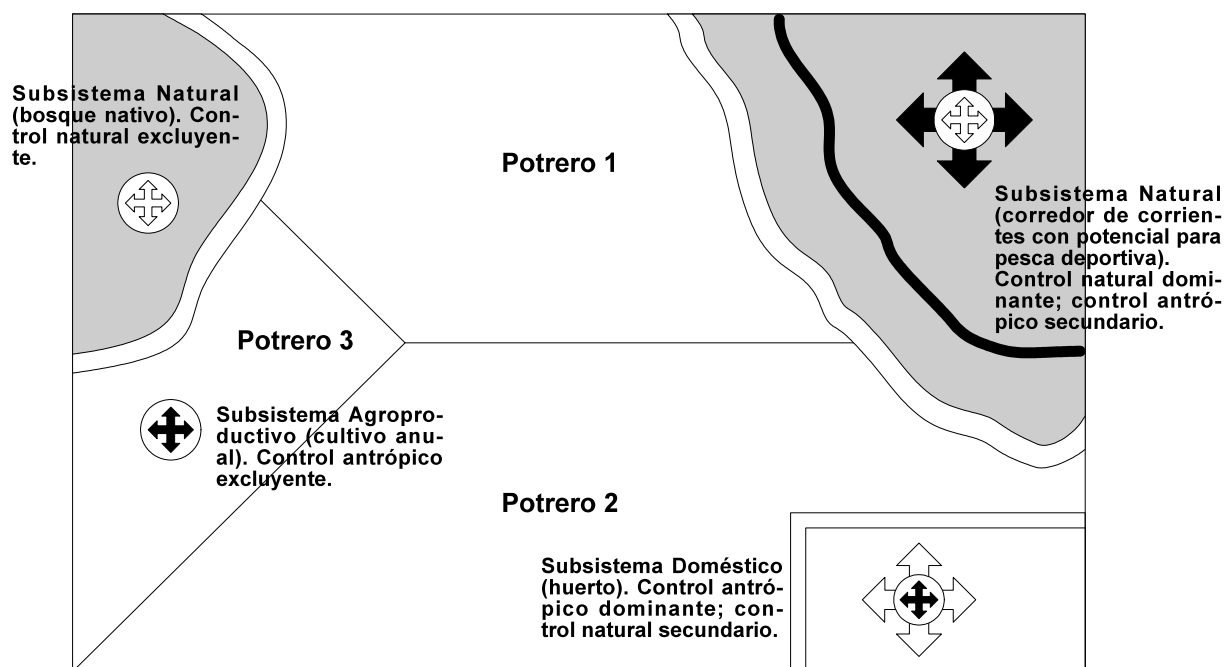


Figura 19. Variaciones en la relación control natural-control antrópico en diferentes subsistemas prediales. Las flechas negras representan el control antrópico, las blancas el control natural. Las flechas en posición central ejercen el control predominante

En lo precedente, el problema del diseño se limita al nivel del predio y los subsistemas prediales. Respecto del nivel de paisaje, su pertinencia en el problema del diseño no es uniforme. En este sentido, aquí se postula que ésta depende del tipo de desarrollo rural de cada región particular.

Tal como se mencionara antes, el desarrollo rural previsible para las próximas décadas puede derivar en distintas resultantes de la relación predio-paisaje: **ruptura**, en áreas de alta potencialidad agroproductiva; **continuidad** y **flexibilidad** en periferias agrario-turísticas con potenciales de desarrollo endógeno, atractivas para el establecimiento de nuevos pobladores; y **deterioro** en las áreas menos favorecidas, con pocas perspectivas de desarrollo futuro y una tendencia general al despoblamiento. En este último caso, las posibilidades de ordenación son pequeñas o inexistentes.

En la situación de ruptura, la identidad del paisaje carece de relevancia para el diseño y éste se transforma en una resultante no planificada del estilo de uso predial. Por el contrario, donde la tendencia es hacia la flexibilidad o la continuidad, la identidad del paisaje es un componente importante del diseño. A partir de esto, en regiones con tendencia a la flexibilidad o continuidad del paisaje, se agrega un determinante de orden extrapredial vinculado a lo que aquí se conceptualiza como “identidad del paisaje”. Ésta deberá compatibilizarse con el determinante de orden intrapredial mencionado antes (Figura 17 caso C).

Aplicando el modelo de Nijkamp (1990) a la situación de flexibilidad, puede decirse que, en tanto el entorno no cambia, el límite de factibilidad del espacio de solución se mantiene y el sistema predial puede aproximarse asintóticamente al estado óptimo para las circunstancias presentes. Al ocurrir cambios importantes en el entorno (circunstancias del mercado, valoración social del espacio rural, etc.) se produce una reubicación de los límites de factibilidad del espacio de solución con diferentes combinaciones de sustentabilidad, productividad y equidad (Figura 20). Este pasaje corresponde a las fases de liberación y reorganización de Holling (1988) citado por Costanza, (1993); en ellas se combinan los elementos remanentes del orden previo (biogeoestructura, parte de la tecnoestructura, etc.) con nueva información y factores aleatorios (v.gr. innovaciones tecnológicas, inclinaciones personales hacia ciertas modalidades de agricultura, etc.). Ambas etapas preceden la maduración de un nuevo orden.

En estas circunstancias, se mantienen las estructuras básicas del paisaje a través del tiempo (topografía, fauna, vegetación, corrientes de agua, etc.) mientras los elementos del paisaje (particularmente el uso de la tierra) pueden variar. De este modo:

- El determinante de orden, o la centralización del sistema, puede desplazarse desde un subsistema a otro (v.gr. desde el agroproductivo al natural).
- Eventualmente, puede mantenerse el determinante de orden, aunque con cambios en el estilo y/o subestilo de uso.

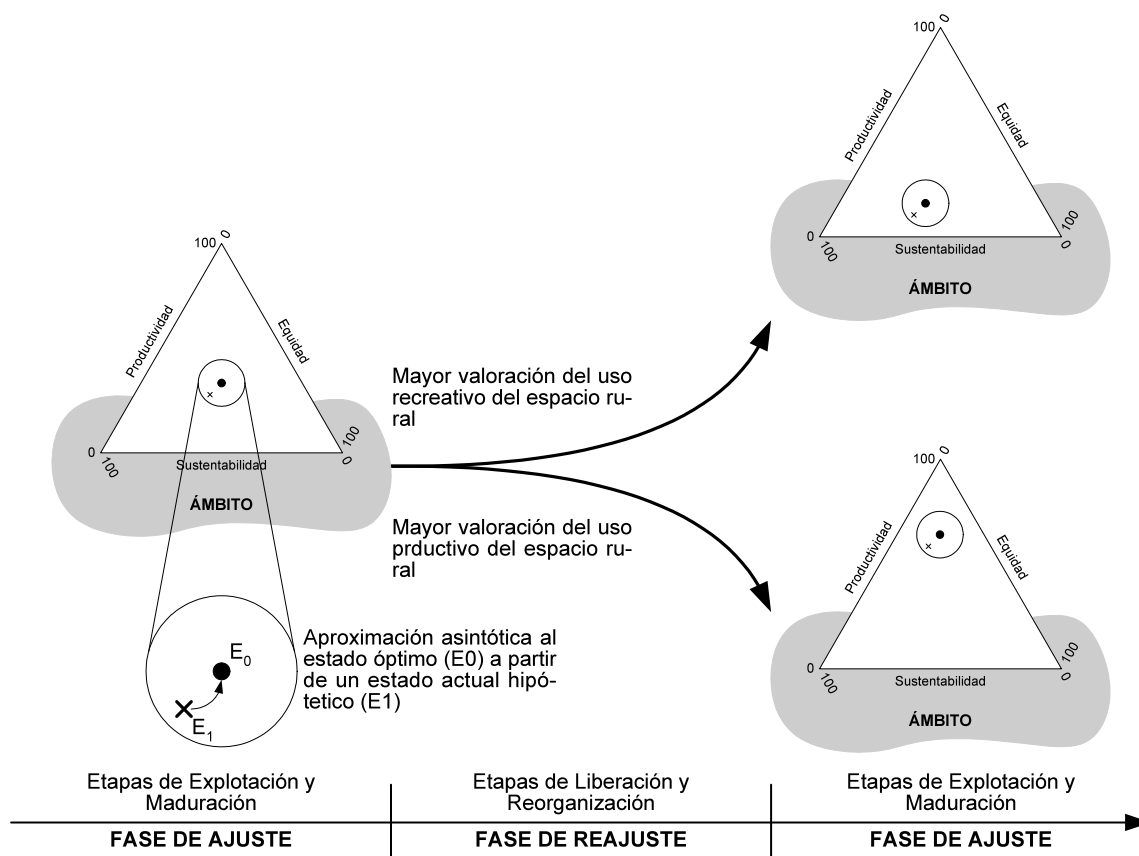


Figura 20. Fases de ajuste y reajuste del proceso de ordenación del sistema predial. Los cambios en el entorno provocan cambios en la posición del estado óptimo (E_0) y el límite de factibilidad del espacio de solución

BIBLIOGRAFÍA

- COSTANZA, R., H. DALY y J.A. BARTHOLOMEW. 1991. Goals, Agenda, and Policy Recommendations for Ecological Economics. In COSTANZA, R. (Ed.). Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability. Columbia University Press; New York. p. 1–20.
- COSTANZA, R., L. WAINGER, C. FOLKE and K. MÁLER. 1993. Modeling Complex Ecological Economic Systems. *BioScience*, 43: 545–555.
- DAMASIO, A.R. 1996. El error de Descartes. La razón de las emociones. Ed. Andrés Bello; Santiago, Chile. 335 p.
- ETTER, A. 1990. Introducción a la ecología del paisaje. Un marco de integración para los levantamientos rurales. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá, Colombia. 85 p.
- FLORES, L. 1994. La Tecnología en el Contexto de la Cultura Latinoamericana. Instituto Latinoamericano de Estudios Transnacionales. Tecnología y Modernidad en Latinoamérica: ética, política, cultura; p. 19–23.
- FORMAN, R. y M. GODRON. 1986. Landscape Ecology. John Wiley & Sons, New York; 618 p.
- GASTÓ, J. 1983. Ecosistema: Componentes y Atributos Relativos al Desarrollo y Medio Ambiente. Bases Ecológicas de la Modernización de la Agricultura. Informe de Investigaciones. Sistemas de Agricultura. Central de Apuntes UC. Santiago, Chile. 170 p.
- GASTÓ, J. 1996. Ordenamiento del Espacio Rural. Manual de aplicación a municipios y predios. Borrador de discusión. 477 p.
- GASTÓ, J., F. COSIO y D. PANARIO. 1993. Clasificación de ecorregiones y determinación de Sitio y Condición. Manual de aplicación a municipios y predios rurales. Red de Pastizales Andinos. Quito, Ecuador.
- GASTÓ, J., L.D. VÉLEZ, y C. D'ANGELO. 1997. Gestión de recursos vulnerables y degradados. **En:** E. Viglizzo. Elementos para una política agroalimentaria en el Cono Sur. IICA. Montevideo, Uruguay.
- GASTÓ, J., R. ARMIJO y R. NAVA. 1984. Bases heurísticas del diseño predial. Sistemas en agricultura 8407. Universidad Católica de Chile. Santiago, Chile.

- GELL-MANN, M. 1995. El quark y el jaguar. Aventuras en lo simple y lo complejo. Tusquets Editores S.A.; Barcelona España. 413 p.
- JANTSCH, E. 1980. The Self-Organizing Universe. Scientific and Human Implications of the Emerging Paradigm of Evolution. Pergamon Press. Oxford, England. 343 p.
- KUHN, T.S. 1971. La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de la Cultura Económica. México.
- MATHER, A.S. 1986. Land Use. Longman Group (FE) Limited; Burnt Mill. England. 286 p.
- MEEWS, J., J.D. v.d. PLOEG y M. WIJERMANS. 1988. Changing agricultural landscapes in Europe: Continuity, deterioration or rupture?. IFLA Conference; Rotterdam. 102 p.
- NIJKAMP, P. 1990. Regional sustainable development and natural resource use. World Bank Annual Conference and Development Economics. Washington, D. C.
- PARIN, V.V. y R.M. BAIEVSKY. 1969. Introducción a la cibernética y a la computación médica. Siglo XXI. México.
- PICKETT, S.T.A. and V.T. PARKER. 1994. Avoiding the old pitfalls: opportunities in a new discipline. Restoration Ecology 2: 75-79.
- PICKETT, S.T.A., V.T. PARKER y P. FIEDLER. 1992. The new paradigm in ecology: Implications for conservation biology above the species level. **In:** FIEDLER, P. y JAIN, S. (Edit.). Conservation Biology: The Theory and Practice of Nature Conservation, Preservation, and Management. Island Press, Washington, DC. p. 65-88.
- PRIGOGINE, I. and I. STENGERS. 1984. Order out of Chaos. Man's new dialogue with nature. New York, (EUA); Bantam Books.
- SWIFT, M.J. y J.M. ANDERSON. 1994. Biodiversity and Ecosystem Function in Agricultural Systems. **In:** SCHULZE, E.D. y H. MOONEY (Ed.). Biodiversity and Ecosystem Function; Springer-Verlag; Berlin (Germ.); p.17-41.
- VON BERTALANFFY, L. 1975. Perspectives of general system theory. Springer Verlag; New York. 253 p.
- WEBSTER'S. 1963. Third New International Dictionary of the English Language. Merriam; Springfield, Massachusetts.
- WU, J. y O.L. LOUCKS. 1995. From Balance of Nature to Hierarchical Patch Dynamics: A Paradigm Shift in Ecology. The Quarterly Review of Biology. 70 (4): 439-466.
- ZONNEVELD, I.S. 1979. Evaluación de tierras y ciencia del paisaje. Ministerio de Ganadería y Agricultura. Montevideo, Uruguay.

