

PRINCIPIOS GENERALES DE LA ORDENACIÓN PREDIAL*

Carlos D'Angelo

Resumen

El marco conceptual del diseño predial se asocia a sus niveles jerárquicos: el paisaje como nivel contextual superior, el predio como nivel del problema y los subsistemas prediales como niveles constitutivos inferiores, lo cual se plantea como un sistema de principios generales de ordenación. En un grado máximo de abstracción, el problema puede referirse a la interacción de un sistema complejo cualquiera en un entorno, lo cual se conceptualiza en el paradigma de no-equilibrio. Se describen, ordenan y jerarquizan a los principios referentes que se aplican al diseño predial.

Los sistemas prediales interactúan ecológicamente con el paisaje que los entorna, tendiendo el desarrollo rural hacia la continuidad y flexibilidad, generándose un vínculo estético visual. La ecología del paisaje proporciona un marco adecuado para las interacciones entre los ecotonos agrícolas y no agrícolas y con los fenómenos a escala regional y de paisaje. Los principios a escala de paisaje se agrupan en ecológicos y en estético-visuales.

Desde la perspectiva del uso múltiple del territorio, el problema del diseño predial implica la necesidad de integrar los elementos y espacios tecnoestructurales, considerando sus dimensiones y objetivos: funcional, productivo, estético, de impacto ambiental y de ocio y recreación. Se postula que todas ellas están regidas por cuatro principios primarios de correspondencia ecosistema-entorno a saber: diversidad, unidad, flexibilidad adaptativa, e identidad.

Palabras claves: ordenación, territorio, predio, principios, paisaje.

CONTENIDOS

| | |
|---|------------|
| INTRODUCCIÓN..... | 887 |
| PRINCIPIOS REFERENCIALES | 888 |
| POSTULADO DE LA NECESIDAD | 888 |
| PRINCIPIO DE CORRESPONDENCIA ECOSISTEMA-ENTORNO | 889 |
| POSTULADO DE LA COMPLEJIDAD | 890 |
| AXIOMA DE LA TRANSFORMACIÓN | 890 |
| AXIOMA DEL RESIDUO | 890 |
| AXIOMA DE LA ORGANIZACIÓN | 890 |
| PRINCIPIO HOLOCENÓSICO | 890 |
| AXIOMA DEL DOMINIO | 890 |
| PRINCIPIO JERÁRQUICO DE JUSSIEU | 890 |
| PRINCIPIO DE SIMETRÍA DE CUVIER | 891 |
| PRINCIPIO DE INTEGRACIÓN | 892 |
| PRINCIPIO DE LA IDENTIDAD | 893 |
| PRINCIPIO DE LA FLEXIBILIDAD ADAPTATIVA | 894 |
| PRINCIPIO ECOLÓGICO DE LA TERMODINÁMICA (PET) | 894 |
| PRINCIPIOS A ESCALA DE PAISAJE | 895 |
| PRINCIPIOS ECOLÓGICOS | 895 |
| <i>Principios Ecológicos Estructurales.....</i> | <i>895</i> |
| <i>Principios Ecológicos Funcionales.....</i> | <i>896</i> |
| <i>Principios Ecológicos de Cambio Paisajístico.....</i> | <i>896</i> |
| PRINCIPIOS ESTÉTICO-VISUALES..... | 896 |
| <i>Principio de Integración Estético-Visual.....</i> | <i>897</i> |
| <i>Principios Asociados a los Vínculos Espaciales.....</i> | <i>901</i> |
| <i>Principios Asociados a los Elementos Estructurales.....</i> | <i>904</i> |
| <i>Principios Asociados a la Ordenación de los Elementos ..</i> | <i>906</i> |
| PRINCIPIOS A ESCALA PREDIAL | 907 |
| PRINCIPIO DE DIVERSIDAD | 907 |
| PRINCIPIO DE UNIDAD | 908 |
| PRINCIPIO DE LA FLEXIBILIDAD ADAPTATIVA | 908 |
| PRINCIPIO DE IDENTIDAD | 908 |
| CONCLUSIONES..... | 909 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 909 |

INTRODUCCIÓN

La imposibilidad de capturar la complejidad de los ecosistemas en toda su extensión limita la posibilidad

de conocerlos y manejarlos adecuadamente. No obstante, el conocimiento del comportamiento y las reacciones importantes del sistema en cierta medida permite revelar las propiedades básicas existentes detrás de la complejidad (O'Neill, 1988).

En coincidencia con esto, Wiens (1989) menciona la hipótesis del principio de universalidad; éste sostiene que los estados finales de los sistemas ecológicos a gran escala dependen más de las propiedades generales de los sistemas, que de los detalles a pequeña escala. Aplicando el principio de universalidad al problema del diseño predial, aquí se postula que cada solución de diseño debe responder a las singularidades propias de cada predio particular; no obstante, cualesquiera que sean éstas, deberán derivar de unos pocos principios generales.

El marco conceptual del diseño predial se asocia a tres niveles jerárquicos anidados: el paisaje (nivel contextual superior), el predio (nivel focal del problema) y, los subsistemas prediales (niveles constitutivos inferiores). En consecuencia, los principios que a continuación se presentan son pertinentes a este marco jerárquico y pueden discriminarse en tres grandes categorías, definidas por la escala y nivel de abstracción del fenómeno al que se aplican:

- **Principios referenciales.** Éstos se aplican al problema del diseño predial como parte del marco conceptual general en el que éste se sitúa. El nivel de abstracción es el máximo posible y el fenómeno considerado es el complejo formado por un ecosistema cualquiera y su entorno.
- **Principios a escala de paisaje.** Éstos se aplican al diseño predial en las situaciones de flexibilidad y continuidad mencionados antes; el fenómeno con-

* D'Angelo, C. 2002. Principios generales de la ordenación predial. 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.

siderado es el paisaje con sus elementos componentes.

- **Principios a escala predial.** Éstos se vinculan al problema del diseño predial en sus diferentes dimensiones: funcional productiva, de ocio y recreación, estética y de impacto ambiental. El fenómeno considerado es el espacio predial con sus subsistemas componentes.

PRINCIPIOS REFERENCIALES

En un grado de abstracción máximo, el problema de la ordenación puede referirse a la interacción entre un sistema complejo cualquiera y su entorno¹ y se conceptualiza en el contexto del paradigma del no-equilibrio.

Según Gastó (1983), la ecología moderna reconoce dos conceptos unificadores principales: el de organización jerárquica y el de la continuidad del sistema mediante una cierta memoria. Asociados a ellos, puede desplegarse un conjunto de postulados, axiomas y principios ordenados jerárquicamente (Figura 1).

A partir del concepto de organización jerárquica del sistema derivan los postulados de la necesidad y de la complejidad, ambos aplicables al sistema de problemas prediales (Gastó *et al.*, 1984); del concepto de continuidad de la memoria sistémica deriva el principio de la identidad del sistema. Los principios a escalas de paisaje y predial se enmarcan en los principios referenciales que se desarrollan a continuación.

POSTULADO DE LA NECESIDAD

Éste establece que la presencia de un sistema en un nivel jerárquico dado implica necesariamente la presencia de otro en un nivel jerárquico superior; este postulado se relaciona con el principio de indecibilidad de Gödel que afirma que todas las formulaciones matemáticas existentes incluyen proposiciones indecibles, generándose problemas de autorreferencia que llevan a contemplar un nivel jerárquico diferente (Gastó *et al.*, 1984).

Una característica propia de los sistemas ecológicos es su modalidad de organización a lo largo de un rango de escalas espacio-temporales; siguiendo a Gastó *et al.* (1984), aquí se entiende que la jerarquía de un sistema es la organización de las partes en totalidades de diversos niveles, de manera que cada una de ellas contiene al nivel inferior y está contenida en el superior. Respecto de las dificultades de tratar con este tipo de problema, O'Neill (1988) sostiene que una forma práctica de simplificarlo es acotarlo espacio-

temporalmente, definiendo el nivel focal (nivel 0), el nivel inmediato superior (nivel +1) y el inmediato inferior (nivel -1) (Figura 2).

A partir de la ley de los niveles de integración de Feibleman (1954), citado por Etter (1990), es posible listar las siguientes premisas generales, particularmente aplicable al nivel ecosistémico:

- Cada nivel jerárquico organiza al nivel inferior y genera una o varias cualidades emergentes.
- La complejidad de los niveles aumenta hacia "arriba" en la escala de mayor generalización.
- En cualquier nivel de organización, un nivel superior depende del inmediatamente inferior.

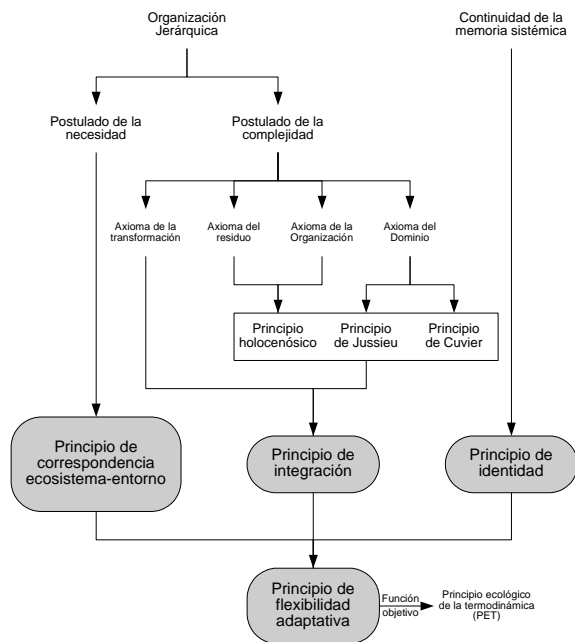


Figura 1. Estructura jerárquica de los principios referenciales para el diseño predial. Los cuatro principios propuestos derivan de una estructura jerárquica de postulados, axiomas y principios secundarios. El principio de flexibilidad adaptativa es emergente de los principios de correspondencia, integración e identidad. El principio ecológico de termodinámica (PET) expresa la función objetivo del sistema

- Para cualquier nivel jerárquico se cumple que su mecanismo (el *cómo*) está expresado en el nivel inferior y su propósito (el *para qué*) en el superior.
- Cuanto más complejo el nivel, menor la población de instancias que lo componen.
- No es posible reducir un nivel superior a sus componentes del nivel inferior.
- La función de un elemento en cualquier nivel ecosistémico debe estar contenida, en un sentido espacial (volumétrico), en el nivel superior. Cada objeto de cierto nivel es una parte estructural y funcionalmente específica del nivel superior.

¹ El entorno del ecosistema está constituido por todos aquellos factores que inciden sobre la arquitectura y funcionamiento del ecosistema, sin ser afectados por éste.

El nivel de interés (Figura 2) está en el centro del diagrama (nivel 0). La dinámica del nivel 0 estará limitada y acotada por el nivel superior (nivel +1). El nivel superior también da significado al fenómeno situado en el nivel 0. El nivel 0 puede subdividirse en cierto número de componentes (nivel -1). Las interacciones entre los componentes proporcionan explicaciones mecanicistas para el fenómeno en el nivel 0 (adaptado de O'Neill, 1988).

Con referencia a la jerarquía escogida, O'Neill (1988) menciona que no existe un criterio único para definirla; otro tanto vale para el nivel superior (+1). La jerarquía en la que se decide acotar un problema cualquiera, deriva de la índole del problema en cuestión.

Respecto de la interacción entre niveles, la importancia del paisaje en el diseño predial depende de la modalidad de desarrollo particular del espacio rural. Mientras en los casos de flexibilidad, continuidad y deterioro, el nivel focal (predio) adopta el carácter de sistema abierto, en el caso de ruptura éste se comporta como un sistema cerrado. De acuerdo con Wiens (1989), los sistemas ecológicos pueden considerarse cerrados cuando las tasas de transferencia entre sistemas adyacentes se aproximan a cero, o cuando la diferencia en las tasas de los procesos entre elementos adyacentes es tan grande que sus dinámicas se desacoplan. En otros términos, la apertura de un sistema puede definirse a partir de la influencia que tienen los procesos a gran escala sobre los que ocurren a pequeña escala².

Del postulado de la necesidad deriva el principio de la correspondencia ecosistema-entorno, que aquí se sitúa jerárquicamente junto a los principios de integración (vinculado al postulado de la complejidad) y de identidad (asociado a la continuidad del sistema) (Figura 1).

PRINCIPIO DE CORRESPONDENCIA ECOSISTEMA-ENTORNO

Definición: Para cada ecosistema existe un entorno correspondiente.

El concepto fundamental sobre el que se desarrolla este principio sostiene que las variables de estado que caracterizan a un ecosistema cualquiera no son aleatorias, sino que están en correspondencia con las características propias de su entorno. Respecto del entorno, aquí se considera que éste está constituido por todos aquellos factores que inciden sobre la arquitectura y funcionamiento del ecosistema sin ser afectado, o siendo mínimamente afectado por éste; sin embargo, en un marco de condiciones inestable, puede ocurrir que la dinámica rápida de los niveles inferiores supere

² Debe advertirse que lo que es pequeña escala para un ecólogo es gran escala para un geógrafo o un cartógrafo, quienes expresan la escala como una relación; por ejemplo: para un cartógrafo una escala de 1:250.000 es más pequeña que otra de 1:50.000; para un ecólogo es a la inversa (Wiens, 1989).

las restricciones del entorno y desplace al sistema hacia una nueva configuración (O'Neill 1988). En el contexto del sistema predio-paisaje, esto ocurre cuando la arquitectura y funcionamiento del predio se ordena sin adecuarse a las restricciones del paisaje, dando lugar a lo que Meews *et al.* (1988) denominan "ruptura del paisaje agrícola".

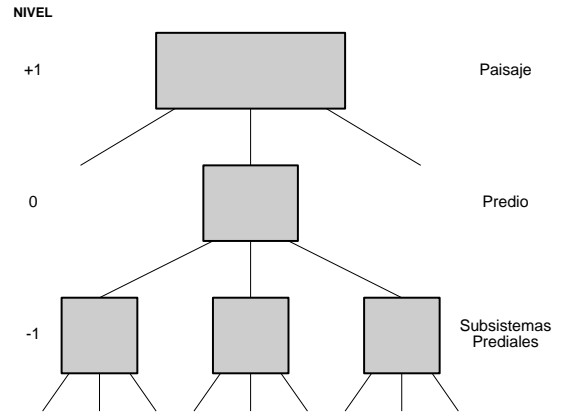


Figura 2. Interrelación entre niveles en un sistema jerárquico adaptado al problema del diseño predial

A escala de paisaje, el entorno está constituido por las características y procesos primarios a largo plazo, vinculados al clima, la geomorfología y las distintas interacciones que existen entre ellos. La geomorfología se ocupa de la forma de la superficie de la tierra y de los procesos que la producen. Respecto de éstos, Forman y Godron (1986) destacan cuatro grandes procesos: tectónica de placas, derivada del movimiento de las placas rocosas que integran la corteza terrestre; erosión hídrica y eólica; depositación de materiales por acción de la gravedad; y suavizado y transformación del paisaje por efecto de las glaciaciones.

El entorno del predio propiamente tal, deriva de las influencias de un clima, geomorfología y cultura particulares; de cierto régimen de disturbios y de las características funcionales y estructurales de los ecosistemas con los que éste integra el paisaje. El entorno de los subsistemas prediales está definido por las variables administrativas que operan a nivel de predio.

A partir de lo precedente, el principio de correspondencia permite postular que toda intervención sobre la arquitectura y/o funcionamiento de un sistema debería ser congruente con su entorno. En este sentido, la ordenación de un predio cualquiera debe estar en correspondencia con las variables determinantes del paisaje que lo entorna³; por su parte, los subsistemas prediales deberán adecuarse a las variables administrativas definidas a nivel de predio.

³ Esto dependerá de la modalidad de desarrollo de la agricultura en el espacio en cuestión.

POSTULADO DE LA COMPLEJIDAD

Éste se ubica en el mismo nivel de jerarquía que el postulado de la necesidad y sostiene que para un mismo nivel jerárquico, la complejidad puede definirse en términos de la diversidad de sus componentes y del patrón de conexiones. A partir de éste, Gastó *et al.* (1984) derivan los axiomas de la transformación, residuo, organización, dominio y composición (Figura 1).

AXIOMA DE LA TRANSFORMACIÓN

Definición: *Cuando dos sistemas de un mismo nivel jerárquico se integran para formar un sistema resultante de una jerarquía superior, la complejidad de este último sistema es menor o igual que la complejidad total de las partes antes de la integración* (Gastó *et al.*, 1984).

La aplicación de este axioma a la resolución de los problemas prediales sugiere la conveniencia de iniciar su abordaje en el nivel de menor complejidad posible (v.gr. niveles jerárquicos superiores) (Prigogine, 1976; citado por Gastó *et al.*, 1984). Un corolario inmediato de este axioma es que la complejidad del problema predial dependerá del nivel jerárquico en el que se sitúe el observador. En este sentido, Gastó (1983) menciona que el nivel jerárquico que se estudia debe corresponder al problema que se pretende resolver; por esto, no basta con enunciar acertadamente el problema y los objetivos e hipótesis de un estudio; además, es necesario definir el nivel jerárquico y la complejidad adecuados para alcanzar una solución. Para ello, es necesario elegir un centro de origen en torno al cual se analiza el problema; este centro o ecosistema-origen puede ser la cuenca o una porción de ella, o bien una unidad que, además, contiene elementos organizativos antrópicos (v.gr. el predio).

Los axiomas del residuo y la organización se combinan en el principio holocenósico (Figura 1) y pueden definirse como sigue:

AXIOMA DEL RESIDUO

Definición: *La complejidad de un subsistema dentro de un nivel jerárquico dado es menor o igual a la del sistema del cual es parte* (Gastó *et al.*, 1984).

AXIOMA DE LA ORGANIZACIÓN

Definición: *Las propiedades de un sistema, a un nivel de jerarquía y complejidad dado, dependen de la organización de sus partes y sólo en escasa medida de la materia y energía que lo componen* (Gastó *et al.*, 1984).

PRINCIPIO HOLOCENÓSICO

Definición: *cada uno de los factores o causas en el ecosistema tienen un efecto individual, pero el efecto simultáneo de todos ellos es diferente que la suma de los efectos de cada uno actuando separadamente* (Friederich 1927; citado por Gastó, 1979).

Cualquier transformación de la fitocenosis, zoocenosis, recursos o hábitat, modifica positiva o negativamente a todo lo demás, expresándose en un ajuste del sistema distinto del original.

Una consecuencia inmediata de este principio es que el efecto holocenósico de una causa (v.gr. cierta presión de pastoreo) dependerá de la intensidad y características de otras causas (v.gr. dimensiones de los potreros, productividad de la pastura, etc.).

Aun cuando los ecosistemas reaccionan holocenósicamente a todos los factores ambientales, algunos de ellos ejercen un control mayor que los demás (Del Villar, 1929; citado por Gastó 1979); de este modo, su adición o sustracción tendrá una mayor influencia sobre el ecosistema que la ejercida por los factores secundarios (v.gr. en regiones áridas y semiáridas el agua de riego es un factor de control primario sobre el ecosistema de cultivo). Este fenómeno se manifiesta en el axioma del dominio y se expresa en los principios de Jussieu y Cuvier.

AXIOMA DEL DOMINIO

Definición: *El dominio de la complejidad de un sistema de un nivel jerárquico inferior está sujeto a las restricciones del nivel jerárquico superior* (Gastó *et al.*, 1983).

PRINCIPIO JERÁRQUICO DE JUSSIEU

Definición: *Los caracteres de los seres vivos y los sistemas ecológicos están ordenados y jerarquizados en diferentes niveles de control sobre el sistema; de esta manera, algunos de ellos, llamados dominantes, controlan un número importante de otros llamados subordinados.*

La importancia del principio de Jussieu para el diseño predial se explicitó antes de enunciar los postulados del paradigma de la dinámica jerárquica de parches y, al describir el marco conceptual para el diseño predial. En éste último caso, este principio se manifiesta en la segregación de los espacios prediales derivada del desplazamiento del determinante de orden desde el sistema natural al espacio administrativo. En lo que sigue se profundiza en los alcances de este principio mediante conceptos adicionales a los ya desarrollados. Según McNaughton *et al.* (1984), los límites para el desarrollo de un ecosistema cualquiera dependen del control externo del componente físico, mientras la

ratura, concentraciones de sustancias tóxicas y niveles de enemigos biológicos (competidores, depredadores, parásitos y enfermedades) (Brown, 1995).

Los recursos y condiciones potencialmente capaces de afectar la supervivencia y reproducción de las especies y organismos individuales, constituyen las dimensiones de sus nichos y pueden limitar su abundancia y distribución. En el contexto del concepto de nicho multidimensional de Hutchinson (Hutchinson, 1957; citado por Brown, 1995) el principio de simetría se manifiesta en lo que éste define como “*nicho realizado*”. A diferencia del “*nicho fundamental*”, que se refiere a la totalidad de recursos y condiciones potencialmente utilizables por una especie, el nicho realizado se refiere al espectro de recursos efectivamente usados y las condiciones que afectan a una población viable en una localidad determinada (Begon *et al.*, 1986). En la Figura 4 se describe el nicho bidimensional realizado y fundamental de una especie hipotética.

Según Brown (1995), cada especie se distingue por un conjunto particular de requerimientos; esto significa que cada una tendrá un nicho único, expresado en un patrón de abundancia y distribución espacio temporal distintivos y en las interacciones con otras especies y el ambiente abiótico.

De los axiomas y principios vinculados al postulado de la complejidad (Figura 1), deriva el principio de integración; éste y el principio de correspondencia ecosistema-entorno, son los principios fundamentales de la organización jerárquica del ecosistema.

PRINCIPIO DE INTEGRACIÓN

Definición: *La adaptación de la biocenosis a un ecotopo fijo está gobernada por cinco procesos básicos: respuestas a estímulos, respuestas morfogenéticas, evolución, sucesiones ecológicas y migraciones* (Hooker, 1917; citado por Gastó, 1979).

La respuesta a estímulos ocurre a nivel de organismos y se refiere a la reacción de éstos frente a cualquier estímulo ambiental (Gastó, 1979). Entre los estímulos se incluyen: tropismos, germinación, apertura y cierre de estomas, entre otros.

Al igual que la precedente, la respuesta morfogénica o plasticidad, se manifiesta a nivel de organismo “*e involucra cambios permanentes en la estructura y forma de los organismos sometidos a diferentes estímulos ambientales*” (Gastó, 1979). En términos generales, la respuesta a estímulos es más importante entre los animales, mientras la respuesta morfogénica predomina entre los vegetales.

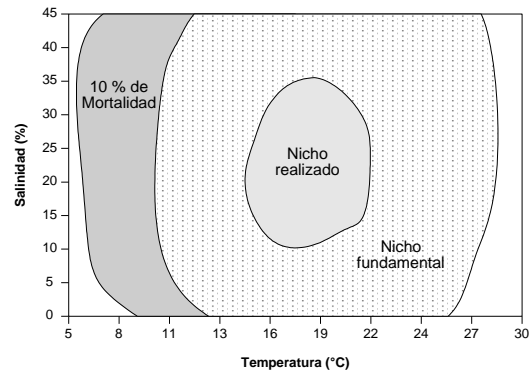


Figura 4. Nicho fundamental y realizado de una especie hipotética como expresión del principio de simetría a nivel de organismos y especies individuales

La evolución genética también es parte del proceso integrador y actúa a nivel de población. Según Solbrig (1994), esta acción, que se ejerce a través de la selección natural, no favorece necesariamente a los fenotipos óptimos en un sentido absoluto, sino a aquellos capaces de crecer y reproducirse en una variedad de circunstancias ambientales; esta última observación es pertinente con la importancia que se asigna a la flexibilidad adaptativa en la ordenación de los sistemas complejos.

La sucesión ecológica es un proceso de integración que opera a nivel de biocenosis; a modo de ejemplo, la evolución genética de las poblaciones depende de la velocidad, dirección y características de las etapas maduras de la sistemogénesis. Al mismo tiempo, en el transcurso de la sucesión se desarrolla la memoria del ecosistema mediante la cual éste mantiene su identidad ante la ocurrencia de perturbaciones menores. La magnitud de la memoria ecosistémica depende de la estabilidad del ambiente físico, o tal como se mencionara en un capítulo previo, de la relación entre las “novedades” y las “confirmaciones” que afectan al ecosistema.

Finalmente, la migración de individuos y genes es un proceso integrador que actúa a nivel de población, permitiendo ocupar nichos vacantes y mantener la memoria del ecosistema⁶ (Gastó, 1979).

En lo desarrollado hasta aquí, se ha hecho referencia a los principios vinculados a uno de los dos conceptos unificadores de la ecología moderna: la organización jerárquica del sistema. El principio de identidad que se define a continuación, se refiere al segundo concepto unificador: la continuidad del sistema mediante una memoria.

⁶ La capacidad migratoria de las especies pioneras les permite mantenerse en la memoria del ecosistema, alejándose de los parches sucesionalmente maduros para volver a colonizarlos cuando estos son afectados por disturbios.

PRINCIPIO DE LA IDENTIDAD

Definición: *Todo ecosistema posee una identidad y una memoria que la sustenta.*

Según Forman y Godron (1986), la teoría de catástrofes de Thom es un elemento referencial importante para comprender el proceso de desarrollo de cualquier sistema, incluyendo al paisaje; en esencia, ésta sostiene que un sistema gradualmente cambiante converge y cruza puntos particulares (puntos de catástrofe) y que cambios menores en las proximidades de tales puntos desviarán al sistema en direcciones diferentes (Figura 5). Por ejemplo, a escala de paisaje esto ocurre cuando un río con meandros cambia su curso ante una inundación ligeramente superior a lo normal, cuando el paisaje se altera siguiendo una finalidad antrópica (producción, urbanización, etc.), o cuando unos pocos individuos de una especie exótica colonizan un paisaje.

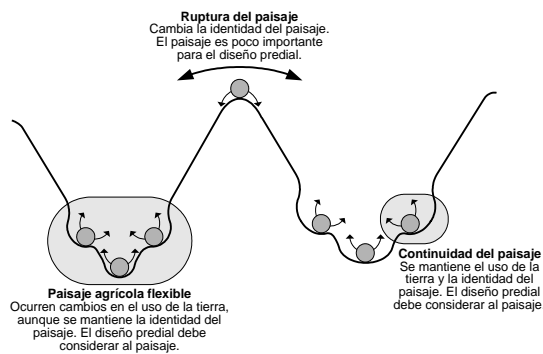


Figura 5. Flexibilidad, ruptura y continuidad del paisaje agrícola en relación con la identidad del paisaje. La posición de las esferas representa el estado de desarrollo de un paisaje particular. Los valles representan identidades particulares del paisaje. Cuando las transformaciones del paisaje lo aproximan a un punto de catástrofe, aumentan las probabilidades de que éste experimente un cambio de identidad

En este contexto, la identidad de un ecosistema puede definirse como el conjunto de estados que éste puede desarrollar en torno de un atractor determinado, o bajo la influencia de cierta memoria ecosistémica. De acuerdo con Gastó (1983), la memoria del sistema opera a través de las leyes de la herencia y la selección natural en el caso de los organismos; y por la probabilidad de ocurrencia de los eventos más probables, en el caso de la biocenosis y el componente abiótico (Weisskopf, 1977; citado por Gastó, 1983).

En el caso de los ecosistemas de recursos naturales, el desarrollo de una identidad implica la posibilidad de cambios de estado endógenos. En este sentido, las probabilidades de ocurrencia de los estados posibles para un sistema ecológico no son iguales; los estados más probables son los más frecuentes, mientras los

menos probables no suelen encontrarse en forma natural. Desde una perspectiva productiva, los estados más deseables suelen ser los menos probables; en estas circunstancias, el ser humano suele alterar la identidad del sistema introduciendo atractores que naturalmente tienen bajas probabilidades de ocurrencia.

Desde la perspectiva del paisaje, Forman y Godron (1986) consideran que éste experimenta un cambio de identidad cuando:

- Un tipo diferente de elemento del paisaje pasa a ser matriz (v.gr. matriz de bosque sustituida por predios con predominio de cultivos anuales).
- Cambia la superficie relativa de un cierto número de elementos del paisaje.
- Aparece un nuevo tipo de elemento con una extensión relativa importante (v.gr. lago artificial).

El desarrollo de una identidad a escala de paisaje implica un proceso histórico en el que se alcanza un cierto balance biogeoestructural, modificado en mayor o menor medida por la tecnoestructura, hidroestructura y espacios antrópicos. En la actualidad, el cambio de identidad del paisaje agrícola no es un fenómeno extraño; en efecto, cuando la remoción de las estructuras fijas de un paisaje supera cierto límite, es factible que éste colapse y emerja uno nuevo⁷. En este sentido, una característica propia de la mayoría de los paisajes agrícolas es la dinámica de cambio en el uso de la tierra por causa del mercado.

Tal como se mencionara previamente, hasta el presente el paisaje agrícola no ha sido más que el subproducto no premeditado de la agricultura de cierta región; sin embargo, es posible que en las próximas décadas estos paisajes se transformen en decorados valiosos *per se* (Meews *et al.*, 1988). El interés turístico y recreacional en paisajes de alto valor, puede hacer que elementos que han perdido su función agrícola se restauren o designen monumentos de valor natural o reservas naturales. Para esto, deberán responderse cuestiones tales como: ¿cuándo las estructuras del paisaje son suficientemente flexibles y resilientes como para asimilar los cambios y mantener su estabilidad ecológica?; ¿qué estructuras deberían considerarse fijas en diferentes paisajes?; ¿qué elementos deberían considerarse variables?; ¿adónde pueden efectuarse estos cambios (rutas, regímenes hídricos, asignación de las tierras, etc.) sin afectar las estructuras existentes? (Meews *et al.*, 1988). Donde el desarrollo del paisaje agrícola es de ruptura o deterioro (*sensu* Meews *et al.*, 1988), la identidad del paisaje no es un problema a incluir en el diseño predial; lo contrario ocurre en las situaciones de flexibilidad y continuidad (*sensu* Meews *et al.*, 1988). En estos dos últimos escenarios deberá compatibilizarse el marco espacio-temporal restringido propio de lo económico, con el

⁷ Por ejemplo, en Europa el paisaje de "huerta" se tornó tierra abierta Mediterránea cuando declinó el sistema de riego (Meews *et al.*, 1988).

más amplio requerido por el manejo del paisaje (Figura 5).

El principio desencadenador de Billings (1965; citado por Gastó 1983), se vincula al principio de identidad y sostiene que: “*la eliminación de las limitantes ecosistémicas ocasiona en forma directa o inmediata un mayor desarrollo de los elementos afectados y otros cambios ecosistémicos en forma indirecta o mediata*”; eventualmente, la eliminación de tales limitantes también puede significar la alteración de la identidad del ecosistema.

A partir de los dos principios básicos de la organización jerárquica del sistema (correspondencia ecosistema-entorno, e integración y del principio de identidad, deriva un principio sintético jerárquicamente superior a ellos (Figura 1): el principio de la flexibilidad adaptativa (Gell-Mann, 1995).

PRINCIPIO DE LA FLEXIBILIDAD ADAPTATIVA

Definición: *Todo ecosistema tiende a optimizar su flexibilidad adaptativa ante los cambios propios de su entorno.*

Este principio es un emergente de los modelos de no-equilibrio en general y del modelo del SCA adaptativo en particular⁸. De acuerdo con Gell-Mann (1995), la meta de un SCA es adaptarse a las variaciones de un entorno naturalmente cambiante, a través de diferentes estados alternativos almacenados en la memoria sistémica. A partir de esto, es posible postular una cierta dirección en el desarrollo del SCA y la posibilidad de describirla mediante una función – objetivo conveniente.

El principio ecológico de la termodinámica que se desarrolla a continuación hace referencia a una, entre varias, funciones – objetivo que pueden asignarse al ecosistema. Cabe aclarar que el concepto de función – objetivo no significa que los ecosistemas tengan objetivos predeterminados, sino que su capacidad de auto-organización les permite afrontar las perturbaciones mediante reacciones directivas (Jørgensen, 1994).

PRINCIPIO ECOLÓGICO DE LA TERMODINÁMICA (PET)

Definición: *Entre los diferentes estados posibles para un ecosistema dado, prevalecerá aquel que permita maximizar el flujo de energía.*

Este es un principio subordinado a los dos anteriores y es particularmente pertinente para los ecosistemas naturales; de acuerdo con el PET, la flexibilidad adaptativa de todo ecosistema deriva de su permanente

tendencia a maximizar el flujo de energía. La energía es una función – objetivo de índole termodinámica⁹ adecuada para evaluar la calidad de la energía aplicable a los recursos naturales. En términos generales, la energía es el input primario para cualquier sistema que convierte energía y materia mediante un proceso metabólico (Schrödinger, 1944; citado por Jørgensen, 1994); en el caso particular del ecosistema, éste requiere un flujo continuo de energía para mantenerse funcionando.

De un modo más formal, la energía mide la diferencia entre un sistema cualquiera y su estado de equilibrio termodinámico en términos energéticos y se expresa a través de la ecuación siguiente:

$$Ex = To(Seq - S)$$

donde To es la temperatura del ambiente y $(Seq - S)$ es la diferencia entre la entropía del sistema en equilibrio termodinámico (Seq) y la entropía en el estado presente (S). Debe notarse que la energía del sistema aumenta a medida que decrece su entropía; a modo de ejemplo, esto es lo que ocurre en un ecosistema en el transcurso de la sucesión. De acuerdo con Jørgensen (1994), la energía también puede definirse como *la energía libre relativa al ambiente*. En este sentido, la energía permite medir el grado de ajuste entre el ecosistema y su ambiente; de este modo, cuando el ecosistema está en equilibrio termodinámico con el ambiente circundante, la energía es cero; por el contrario, en el clímax ésta es máxima.

Una característica importante del concepto de energía es que permite ubicar la teoría darwiniana de la evolución por selección natural en un contexto termodinámico (Jørgensen, 1992); de acuerdo con este autor, ésta teoría podría parafrasearse diciendo que: *los cambios en las condiciones del entorno del ecosistema promueven la selección de las especies más aptas para el mantenimiento o el aumento de la energía del sistema*. A partir de esto, Jørgensen y Mejer (1977) sostienen que todo ecosistema tiende a alcanzar el máximo nivel de energía posible en las condiciones propias de su entorno y con el pool genético disponible.

Los postulados, axiomas y principios referenciales desarrollados se resumen en tres principios primarios: correspondencia ecosistema-entorno, integración, e identidad. A partir de ellos, resulta un cuarto principio sintético: el principio de la flexibilidad adaptativa.

Como corolario de lo precedente, aquí se postula que estos cuatro principios rigen la ordenación de cualquier sistema de cierta complejidad, incluyendo fenómenos a escala de paisaje y predio. En lo que sigue se extienden estos mismos principios a estos dos últimos niveles.

⁸ En: “El modelo del paradigma del no-equilibrio. El Sistema Complejo Adaptativo (SCA)” se presentan los conceptos básicos vinculados a este principio.

⁹ De acuerdo con Jørgensen (1994) otras funciones objetivo pueden ser: energía, ascendencia, relación entre efectos indirectos y efectos directos, capacidades buffer, etc.

PRINCIPIOS A ESCALA DE PAISAJE

Todo sistema predial interactúa ecológicamente con el paisaje que lo entorna; donde el desarrollo rural tiende hacia la continuidad o flexibilidad del paisaje, entre ambos, también existen vínculos de índole estético-visual. En este contexto, la ecología de paisajes proporciona un marco conceptual apropiado para el estudio de las interacciones entre los ecosistemas agrícolas y no agrícolas y los fenómenos a escala regional y de paisaje que esto genera (Lowrance, 1992). De acuerdo con Risser *et al.* (1984), citado por Barret 1992), la ecología de paisajes se ocupa del desarrollo y dinámica de los patrones paisajísticos, las interacciones espaciales y temporales y el intercambio de materiales bióticos y abióticos a través del paisaje; además, considera la influencia de los patrones del paisaje (v.gr. la heterogeneidad espacial) sobre los procesos bióticos y abióticos y el manejo de esta heterogeneidad espacial para beneficio y supervivencia de la sociedad.

A partir de lo mencionado, los principios a escala de paisaje que se desarrollan a continuación pueden discriminarse en dos grandes grupos: principios ecológicos y principios estético – visuales (Figura 6).

PRINCIPIOS ECOLÓGICOS

Desde una perspectiva ecológica, Forman y Godron (1986) distinguen siete principios básicos referidos a los aspectos estructurales, funcionales y de cambio de paisaje. La sustentabilidad del agrosistema depende, al menos en parte, de la correspondencia entre éstos y la solución de diseño predial. La validez de los principios precedentes está avalada por una considerable evidencia tanto directa como indirecta, aunque no se los puede considerar absolutamente probados. En términos generales, estos principios se refieren a tópicos relevantes en la ecología de paisajes, poseen poder predictivo dentro de ciertos límites y, en principio, pueden aplicarse a cualquier paisaje.

PRINCIPIOS ECOLÓGICOS ESTRUCTURALES

Principio de la estructura del paisaje

Definición: *Los paisajes son estructuralmente heterogéneos y difieren funcionalmente en el flujo de especies, energía y materiales entre sus elementos componentes.*

Un elemento cualquiera del paisaje puede definirse como un parche de cierta extensión, un corredor estrecho o una matriz, de dimensiones, forma, número y tipo variables. Distribuidos en ellos hay objetos ecológicos, tales como animales, plantas, energía térmica, agua y nutrientes minerales. La comprensión del funcionamiento del paisaje requiere tanto del conocimiento de sus componentes estructurales como de los objetos ecológicos que fluyen por ellos. Por otra parte,

comprender los intercambios espaciales y temporales a través del paisaje es un factor crítico cuando se trata de resolver problemas referidos al mosaico del paisaje agrícola (v.gr. manejo integrado de plagas, eutrofización cultural y conservación biótica) (Barret, 1992).

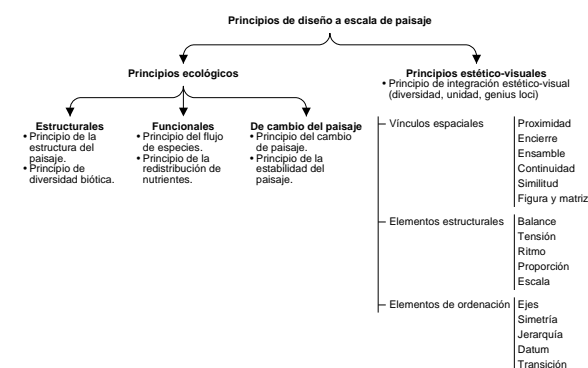


Figura 6. Representación esquemática de los principios de diseño a escala de paisaje

Principio de diversidad biótica

Definición: *A medida que se incrementa la heterogeneidad del paisaje aumenta el potencial de coexistencia de especies.*

La diversidad de especies presentes en un paisaje dado, en parte depende de las características estructurales de éste; en tal sentido, a medida que aumenta la heterogeneidad del paisaje (tanto por causas naturales como humanas), se incrementa el número de parches pequeños. Ante esto puede reducirse la diversidad de las especies que crecen en el interior de los parches e incrementarse la presencia de las que habitan los ecotonos. Por otra parte, esto también puede favorecer a los organismos que cumplen sus requerimientos vitales (reproducción, alimentación, etc.) usando diferentes ecosistemas.

Aunque en las últimas décadas se han desarrollado numerosos estudios sobre la diversidad biótica usando índices de diversidad α (dentro del hábitat) y β (entre hábitats) son muy escasos los estudios sobre diversidad γ (a nivel de paisaje) (Barret, 1992). La descripción de la estructura y función del paisaje en el mosaico del paisaje agrícola no sólo requiere medir la riqueza de tipos de parches (v.gr. bosques, campos agrícolas abandonados, cultivos), sino también el grado de conectividad del hábitat. En este sentido, Barret *et al.* (1990); citado por Barret, (1992), usaron el índice de Shannon–Wiener ($H' = -\sum p_i \ln p_i$) para medir la diversidad de cultivos y describir el paisaje agrícola de Ohio en 1940 y 1982. Según estos autores, la diversidad de cultivos en Ohio declinó desde 0,80 en 1940 a 0,60 en 1982; esta declinación en la diversidad derivó de la reducción en el número de cultivos, especialmente de granos finos (centeno y cebada) y forrajeras para henificar (tréboles y timote). La pérdida de diversidad puede significar un mayor riesgo de pérdidas econó-

micas por pestes (Power, 1987; citado por Barret, 1992); por otra parte, también puede significar la pérdida de refugios para los insectos benéficos y facilitar el movimiento de las pestes entre los campos de cultivo.

PRINCIPIOS ECOLÓGICOS FUNCIONALES

Principio del flujo de especies

Definición: *La expansión y contracción de las poblaciones presentes en diferentes elementos del paisaje afectan a éste y son controladas por su heterogeneidad.*

Los disturbios humanos o naturales que afectan al paisaje, causan la expansión espacial de ciertas poblaciones y la contracción de otras. Al mismo tiempo, la reproducción y dispersión de las especies puede eliminar, crear, o modificar, elementos paisajísticos enteros. La heterogeneidad derivada de las diferencias entre localidades, es una causa fundamental del movimiento de especies y otros flujos.

Principio de la redistribución de los nutrientes

Definición: *La tasa de redistribución de los nutrientes minerales entre los elementos del paisaje, se incrementa con la intensidad de los disturbios que los afectan.*

Los nutrientes minerales pueden entrar o salir de un paisaje, o ser redistribuidos entre un ecosistema y otro dentro del mismo paisaje, a través del viento, agua o animales. Los disturbios, especialmente cuando son severos, pueden afectar los mecanismos, regulatorios o de conservación que mantienen a los nutrientes en el ecosistema, facilitando su transporte a ecosistemas adyacentes.

Principio del flujo de energía

Definición: *A medida que se incrementa la heterogeneidad espacial, aumenta el flujo de energía calórica y biomasa a través de los límites que separan parches, corredores y matriz.*

Al aumentar la heterogeneidad crece el número de parches y el flujo a través de sus límites. Esto ocurre por el incremento en la relación perímetro-superficie de los elementos del paisaje y por el aumento en el número de especies ecotónicas; éstas últimas suelen moverse y transportar distintos tipos de materiales entre elementos paisajísticos adyacentes.

PRINCIPIOS ECOLÓGICOS DE CAMBIO PAISAJÍSTICO

Principio del cambio de paisaje

Definición: *Los cambios en el paisaje ante los disturbios dependen del tipo e intensidad de éstos.*

En el paisaje ocurren interacciones entre las especies, energía y materiales y las dimensiones, forma, núme-

ro, tipo y configuración de los parches, corredores y matriz. Después de un disturbio, el paisaje suele experimentar una cierta homogeneización de los ecotopos asociada a la proliferación de colonizadores. Sin embargo, esta homogeneidad nunca es absoluta por las diferencias en las tasas de cambio de los diferentes elementos del paisaje y por la reiteración de los disturbios. Los disturbios moderados suelen incrementar la heterogeneidad de los paisajes a través de la multiplicación de parches y corredores. Los disturbios severos pueden aumentar la homogeneidad (v.gr. al eliminar parches y corredores) o reducirla (v.gr. dejando expuestos parches de un sustrato rocoso en una cubierta vegetal homogénea).

Principio de la estabilidad del paisaje

Definición: *La estabilidad del paisaje puede manifestarse de diferentes maneras de acuerdo con la magnitud de la biomasa presente:*

- Donde la biomasa es mínima, la estabilidad puede alcanzarse por una elevada constancia biológica.
- Donde la magnitud de la biomasa es intermedia, la estabilidad puede derivar de una rápida recuperación ante los disturbios.
- Donde la biomasa es elevada, la estabilidad puede manifestarse en una elevada resistencia ante los disturbios.

La estabilidad se refiere a la resistencia del paisaje ante los disturbios y a la velocidad de su recuperación ante ellos. Cada elemento del paisaje tiene su propio grado de estabilidad, de modo que la estabilidad global refleja la proporción en la que cada elemento del paisaje se hace presente. Cuando se trata de un elemento del paisaje sin biomasa, por ejemplo una ruta, es factible que en ella ocurran cambios repentinos de sus propiedades físicas (v.gr. temperatura); por otra parte, ante la ausencia de una superficie fotosintetizadora capaz de capturar radiación útil, el sistema puede considerarse biológicamente constante. Con un nivel de biomasa medio, el sistema muestra una baja resistencia a los cambios, pero puede recuperarse rápidamente después de los disturbios (v.gr. campos cultivados). Cuando la magnitud de la biomasa presente es alta (v.gr. bosque) el sistema suele resistir los disturbios moderados; sin embargo, en caso de ser alterado su recuperación es lenta.

PRINCIPIOS ESTÉTICO-VISUALES

Los efectos de la agricultura moderna sobre el ambiente físico se reflejan en la apariencia del paisaje de diferentes maneras; por ejemplo, a través de la aparición de nuevos tipos de construcciones rurales, la modificación de la forma de los potreros para adecuarlos a las exigencias de las nuevas maquinarias, el reemplazo de los setos vivos por alambrados, la desecación de los humedales para ser incorporados a cultivo, etc. Aunque los nuevos paisajes pueden ser más fun-

cionales, también es cierto que carecen del pintoresquismo e identidad de los que sustituyen.

En regiones que tienden a la flexibilidad o continuidad del paisaje, el diseño predial debería integrarse con éste. En tal sentido, el diseño del paisaje se entiende como la ordenación de cierto espacio – problema de manera de reconciliar los requerimientos conflictivos de uso, asegurando una apariencia atractiva. En el contexto del diseño predial, esto significa: a) conocer los objetivos de manejo para el predio en general y los distintos subsistemas prediales en particular; b) precisar los resultados estéticos que asegurarán una apariencia atractiva; y c) aplicar un método o proceso para integrar ambos factores.

En esencia, un buen diseño visual es aquel cuyas variables y modos de organización elegidos son positivos y armoniosos, independientemente del gusto y las preferencias personales (Visual Landscape Design, 1995).

La definición de las cualidades estético-visuales de un paisaje cualquiera, requiere principios que permitan resolver el problema de una forma racional y objetiva. En este sentido, aquí se propone el principio de integración estético-visual, en el cual se combinan tres objetivos principales: diversidad, unidad y espíritu del lugar (*genius loci*).

PRINCIPIO DE INTEGRACIÓN ESTÉTICO-VISUAL

Definición: *En el diseño estético-visual de cualquier paisaje debe alcanzarse un balance entre la unidad y la diversidad de los elementos presentes en concordancia con el espíritu del lugar.*

En tanto espacio para la habitación humana, el diseño predial también puede incluir una finalidad estético-visual y regirse por los mismos objetivos de diversidad, unidad y espíritu del lugar, que se aplican a escala de paisaje. Por consiguiente, lo que se desarrolla a continuación se considera aplicable tanto a la escala de paisaje como a la del propio predio.

La integración de los objetivos mencionados en un diseño apropiado se rige por una estructura ternaria de conceptos: a) elementos básicos que componen cualquier paisaje; b) elementos variables; y c) organización de los elementos básicos en diferentes patrones (Visual Landscape Design, 1995).

a) Elementos básicos

Los elementos presentes en un espacio geográfico dado, se ubican en algunas de las siguientes categorías básicas: punto, línea, plano, volumen y combinación de elementos.

Punto. Un punto marca una posición en el espacio y puede ser generado por diferentes elementos; v.gr. un árbol en un espacio abierto. Con frecuencia, los puntos son elementos focales que atraen la atención del ob-

servador. El punto puede estar definido por un punto propiamente dicho, un punto de densidad, líneas cruzadas, líneas orientadas o círculos concéntricos (Figura 7).

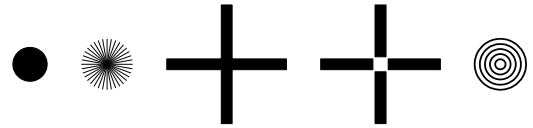


Figura 7. La definición de un punto a través de un punto propiamente dicho, punto de densidad, líneas cruzadas, líneas enfrentadas y círculos concéntricos (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Línea. Se forma cuando un punto se extiende en una sola dimensión. Pueden ser reales como una carretera, una corriente, o el horizonte; pueden ser implícitas o imaginarias, v.gr. cuando varios objetos en fila sugieren una línea. En el paisaje tanto ocurren líneas naturales como desarrolladas por el hombre; v.gr. una línea de alta tensión es una línea obvia del paisaje. Los límites administrativos y los límites entre dos formas o planos también definen líneas que pueden plasmarse en el paisaje (Figura 8).

Plano. Se forma cuando una línea se extiende en dos dimensiones. Los planos pueden ser horizontales, o curvados, reales, o implícitos. La superficie de un lago, la pendiente de una montaña, etc, son planos naturales; mientras un estacionamiento, los techos de las casas, son planos artificiales. En la figura 9 se observan algunos tipos de planos que suelen ocurrir en un espacio geográfico.

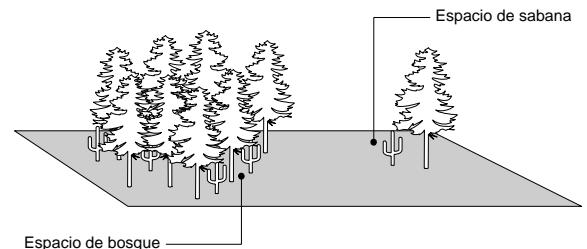


Figura 8. La presencia de fisonomías diferentes separadas por límites abruptos marca límites naturales en el paisaje

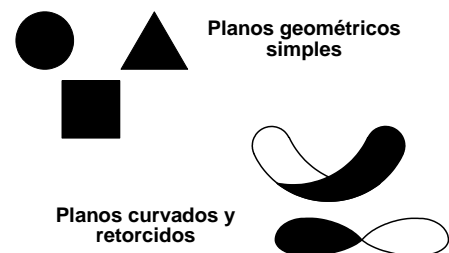


Figura 9. Diferentes tipos de planos que pueden reconocerse en un espacio geográfico (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Volumen. Los planos bidimensionales pueden extenderse para formar volúmenes tridimensionales. Entre ellos se distinguen dos tipos: volúmenes sólidos, que son masas en el espacio (un edificio o una montaña) y los volúmenes abiertos, que son espacios encerrados de alguna manera (v.gr. el interior de un cuarto, el espacio debajo de la canopia del bosque, etc.) (Figura 10).



Figura 10. Volumen cerrado en un corredor de corrientes. Sendero paralelo al cuerpo de agua

Combinación de elementos. El paisaje suele estar formado por un cierto número de elementos básicos combinados de diversas maneras. En ocasiones, estas combinaciones pueden cambiar, según cambia la perspectiva del observador. Un segmento de bosque puede representar un volumen sólido; al mismo tiempo, el borde del bosque puede verse como un plano formado por árboles dispuestos apretadamente; una visión más próxima puede mostrar que los árboles están dispuestos en línea; un único árbol es un volumen sólido dentro del volumen abierto de la canopia.

b) Elementos variables

La percepción de los elementos básicos precedentes varía de acuerdo con el efecto de la luz, color, tiempo y movimiento. Al mismo tiempo, estos elementos se disponen de diferentes maneras, pudiendo caracterizarse por su número, posición, dirección, orientación, dimensiones, formas, intervalo, textura, densidad, color, tiempo, luz y fuerza visual.

Número. Los elementos pueden actuar como una unidad, o formando un conjunto de mayor o menor complejidad, en el que cada elemento desarrolla una relación visual con algún otro y gesta un patrón (Figura 11).

Una parte del paisaje, v.gr. un bosque, puede estar formada por un cierto número de elementos distintos (stands de vegetación, árboles individuales, etc.); aunque las diferencias permiten desarrollar un patrón de mayor contenido visual, también aumentan las complicaciones prácticas para el diseño (Figura 12).

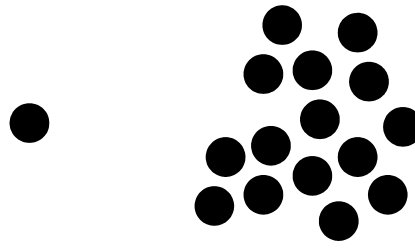


Figura 11. Un elemento y un conjunto de elementos (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995). En este último caso ocurre interacciones y emerge un patrón

Posición. La posición de los elementos en el paisaje debe analizarse en relación con otros componentes y la matriz de fondo. En general, las formas horizontales parecen más estables que las diagonales (aunque éstas resultan más dinámicas). Los elementos ubicados en posiciones topográficamente elevadas tienen un carácter más dominante que los ubicados en posiciones inferiores; esto puede aplicarse a un claro, un camino, una cantera, etc. La posición del observador en el paisaje también es parte de la ecuación.

Dirección. Todo espacio tiene una dirección inherente, derivada de su geoforma, el efecto de los vientos dominantes, etc. La forma en la que se posicionan los elementos en el paisaje también genera una cierta impresión de dirección; v.gr. las curvas de una ruta o un camino influyen en su contenido visual. De este modo, cuando se incorporan o modifican elementos del paisaje también se está afectando positiva o negativamente su dirección. Por ejemplo, un camino que corta perpendicularmente una pendiente genera un efecto de tensión visual indeseable; la forma de un claro debería corresponder con la geoforma que lo contiene.

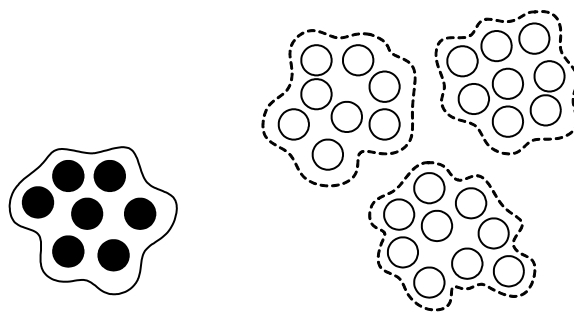


Figura 12. Un único segmento de siete árboles (círculos negros) puede ubicarse fácilmente en un potrero; un número mayor de segmentos generaría mayores posibilidades y dificultades de diseño

Orientación (aspecto). La orientación combina el concepto de posición con la asignación de una dirección específica. Por ejemplo, la orientación de la geoforma respecto del sol, puede dar un carácter distintivo al paisaje y afectar su desarrollo o manejo; otro ejem-

plo puede ser la orientación de las viviendas respecto de los vientos dominantes.

Dimensiones. El efecto que producen los elementos grandes, altos, o profundos, deriva, en gran medida, de la relación entre las dimensiones del objeto y las del observador humano; por ejemplo, una montaña o un cañón profundo empuñeñecen e impresionan. Los árboles tienen un impacto perceptual importante, en parte por sus dimensiones y en parte porque sus cambios que pueden percibirse en el transcurso de una vida humana.

Intervalo. El espaciado entre los elementos puede ser tan importante como su forma o dimensiones. Los intervalos pueden ser regulares o irregulares, variables o al azar. Los intervalos regulares introducen un efecto formal y generalmente son de origen antrópico; los irregulares suelen ser naturales; ejemplos de intervalos regulares pueden ser los espacios entre árboles en las plantaciones o los cortes forestales que siguen un patrón regular.

Textura. Ésta se relaciona con los intervalos entre elementos, pero también con las particularidades de la superficie y patrón general. Las texturas son relativas y su grado de rugosidad o lisura depende de las dimensiones y los intervalos entre los elementos presentes; por otra parte, la percepción de la textura varía con la distancia. En un bosque y desde el nivel del suelo, la textura puede vincularse al espaciado de los árboles (a mayor espaciado, más gruesa la textura y viceversa); desde cierta distancia, la textura del bosque provendrá del patrón formado por stands de composición y edades diferentes.

Un aspecto importante de la textura, es su influencia sobre las posibilidades del espacio para acomodarse al cambio. Los cambios en áreas con texturas finas pueden generar un contraste fuerte, v.gr. el aclareo de un segmento de bosque; por el contrario, en un área con textura gruesa el impacto del cambio puede diluirse. Esta característica se conoce como Capacidad de Absorción Visual (CAV) (*Visual Landscape Design*, 1995) y es un aspecto importante de la fase de inventario visual del paisaje.

Densidad. La densidad se refiere al número de unidades de un elemento en un área dada (v.gr. en la superficie de un plano), y se vincula a los intervalos y textura de éstos. Un patrón cualquiera puede tener sectores con densidades diferentes; las áreas de mayor densidad tienden a tener un mayor peso visual (Figura 13). Las variaciones de densidad típicas son evidentes en las juntas o márgenes entre un tipo de vegetación y otro; en este sentido, es importante mencionar que los límites naturales no suelen ser nítidos y bien definidos, sino graduales. En paisajes con intervención antrópica, un cambio de densidad gradual imitaría los márgenes naturales y generaría una resultante armónica.

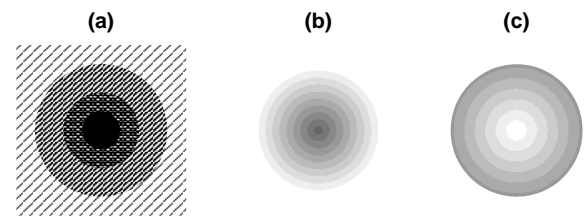


Figura 13. Algunos ejemplos de patrones de densidad. (a) La densidad se incrementa hacia el centro del diagrama a medida que decrece el intervalo entre las líneas; (b) el segundo patrón es más denso hacia el medio; (c) la densidad se incrementa hacia los bordes (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Color. Los colores propios de la naturaleza son similares (v.gr. gradientes de verde en un bosque) y complementarios¹⁰ (v.gr. las hojas rojas y oro del otoño en contraposición con los nomófilos verde azulinos de las coníferas). Los diferentes paisajes tienen un rango de colores propio, que depende de los tipos de roca, suelo y vegetación presentes. En términos generales, donde existen variaciones cromáticas es más fácil acomodar los cambios antrópicos; sin embargo, cuando los colores son contrastantes, este ajuste es más complicado.

Tiempo. Todos los paisajes cambian con el tiempo, de acuerdo con los diferentes ciclos naturales y el lapso de vida humano. Algunos aspectos importantes asociados al tiempo son los siguientes:

- **Momento del día.** Tiene que ver con los cambios que ocurren desde el amanecer hasta el atardecer y las variaciones asociadas en cuanto a luz, temperatura, atmósfera, estados de ánimo, etcétera.
- **Estaciones.** La apariencia del paisaje puede cambiar significativamente con las estaciones. Los colores otoñales, el crecimiento de las plantas, los ciclos vitales de los pájaros y los insectos son referencias temporales importantes.
- **Ciclos vitales.** El tiempo puede medirse en una larga secuencia temporal que incluye el nacimiento, crecimiento, declinación y muerte. Para algunos organismos, estos ciclos pueden ser más largos que el lapso de vida humana. Los cambios rápidos derivados de la actividad humana, v.gr. la tala, pueden ser más rápidos que los cambios naturales y generan un impacto visual negativo.

Luz. La cantidad, calidad y dirección de la luz tienen un efecto importante sobre la percepción del paisaje. En este sentido, la calidad de la luz depende de su intensidad; a su vez, ésta depende del ángulo de incidencia de la radiación solar, la cantidad de vapor de agua en la atmósfera (que filtra algunas ondas y difun-

¹⁰ Los colores similares son aquellos que se asocian con facilidad (p.e. rojo, verde y naranja y los azules); los colores complementarios también armonizan aunque son más dinámicos que los colores similares (p.e. rojo y verde, azul y naranja).

de la luz) y el grado de smog o polución presentes. La dirección de la luz puede modificar la percepción del paisaje de un modo significativo; en sitios iluminados desde el costado del observador, las sombras realzan el relieve y las áreas iluminadas muestran sus detalles. Cuando el paisaje tiene la luz por detrás, el observador sólo percibe las sombras de la geoforma; en este caso, el horizonte es prominente, pero el resto del paisaje es aburrido y sin detalles. Cuando el sol está detrás del observador, la geoforma se presenta como aplastada por la falta de sombras y, el color y la textura pasan a ser las variables dominantes. El tipo de luz generado durante las tormentas, en el amanecer o en el ocaso, también pueden tener un impacto estético-visual significativo.

Lo mencionado subraya la importancia de considerar los diferentes ambientes lumínicos del predio, cuando se trata de asignar espacios para usos dependientes del impacto estético-visual; por ejemplo, los usos recreativos y domésticos.

Fuerza visual. El fenómeno de fuerza visual es una ilusión o sensación de movimiento creada por una imagen estática, un objeto, o la yuxtaposición de un cierto número de elementos en una composición o paisaje. Cuando se observa un paisaje, la vista reacciona subconscientemente a las fuerzas visuales derivadas de las diferentes direcciones, formas y líneas producidas por la geoforma. De este modo, la observación nunca es al azar (Figura 14).

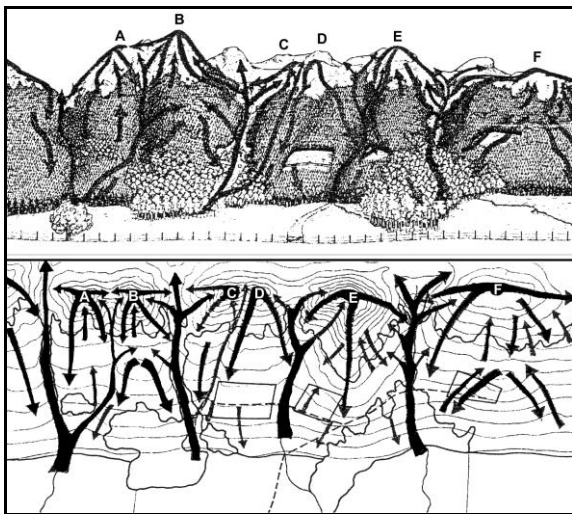


Figura 14. Análisis de las fuerzas visuales de la geoforma. En la figura superior se muestra una vista en perspectiva del paisaje; en la figura inferior se aprecia el mismo análisis en plano (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Cuando la vista se proyecta sobre los picos, cerros y geoformas convexas, tiende a desplazarse hacia abajo; por el contrario, cuando lo hace sobre las depresiones, valles y formas cóncavas tienden a ascender. Esto se

verifica en todos los paisajes con cierto relieve. En éstos puede distinguirse una jerarquía de líneas de fuerza, con las más importantes fluyendo hacia abajo de las principales elevaciones y hacia arriba de las concavidades más profundas; y las secundarias relacionadas con las características menos importantes.

Estas líneas de fuerza propias de la geoforma son poderosas; cuando un plano o línea se superpone sobre una geoforma, pueden ocurrir conflictos de forma, posición y dirección generando, tensiones y efectos disruptivos. Cuando se define cómo operan estas líneas en un paisaje dado, es posible adecuarlas a la geoforma, desarrollando formas cuyos bordes ascienden en las depresiones y descienden en las elevaciones (Figura 15).



Figura 15. Las líneas de cultivos cortan perpendicularmente a las líneas de fuerza visual del paisaje

c) Organización de los elementos

La organización de los elementos presentes en un espacio geográfico dado se rige por tres objetivos estético-visuales: diversidad, unidad y espíritu del lugar.

Diversidad. Ésta deriva del número de elementos diferentes presentes y de la importancia relativa de cada uno. La definición de lo que constituye un elemento del paisaje depende de la escala de percepción; en este sentido, los paisajes diversos a gran escala pueden ser monótonos a pequeña escala. En términos generales, la diversidad se considera necesaria para que el paisaje mantenga el interés del observador durante un lapso prolongado.

Las actividades humanas suelen incrementar la diversidad que ocurre en la naturaleza, en especial en ambientes rigurosos. Cuando esta mayor diversidad no

está adecuadamente integrada, se transgrede la necesidad de unidad y el patrón resultante puede ser caótico (figuras 16 y 17). Debe mencionarse que los paisajes naturalmente diversos tienen una mayor capacidad de absorber los efectos de las intervenciones humanas.

Entre los factores que influyen en la diversidad natural de los paisajes, se incluyen los suelos, geología y patrón de drenaje; generalmente, donde existe una mayor variedad de suelos y geoformas, el patrón de vegetación es más variado. El clima también puede tener un efecto significativo; donde éste es extremo o severo, la diversidad suele ser menor en ambientes estacionales, la vegetación presenta aspectos diferentes y la diversidad en el tiempo puede ser alta.

Unidad. Ésta se refiere a las interrelaciones entre las partes que componen el paisaje y el todo. De un modo pragmático, la unidad se logra cuando visualmente se percibe al todo en primer lugar y luego se captan los componentes individuales como perteneciendo naturalmente a éste. Un rasgo típico de los espacios con diseños inadecuados es la presencia de elementos nítidamente contrastantes con el resto del paisaje, por sus formas, dimensiones, texturas, o color.

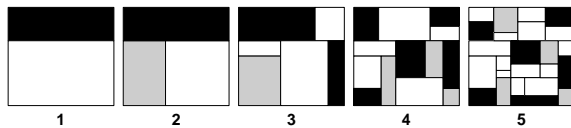


Figura 16. Composición abstracta subdivida en diferentes grados, como ejemplo del efecto de la diversidad en un diseño. Desde el primer caso hasta el cuarto el aumento en la diversidad aumenta el atractivo del diseño. En el quinto, el grado de variedad parece excesivo y comienza a manifestarse un cierto caos visual (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Los paisajes naturales suelen mostrar un contenido de unidad importante por haberse desarrollado en respuesta al efecto conjunto de varios factores (geoforma, suelos, clima, etc.). Cuando las intervenciones humanas tienen en cuenta tal unidad, v.gr. al elegir los sitios para el desarrollo de diferentes tipos de agricultura, o para las construcciones, la unidad se mantiene; pero, donde esto se ignora, especialmente cuando las soluciones tecnológicas o ingenieriles permiten superar las restricciones propias del ambiente, la unidad puede perderse.

Espíritu del lugar (*genius loci*). Ésta es la cualidad o característica que hace a un paisaje diferente de cualquier otro, dándole un carácter único e individual. Este concepto es algo abstracto e intangible y debe interpretarse desde una base emocional y subconsciente; aun cuando el *genius loci* puede percibirse instantáneamente, no es fácil definir qué lo crea. Éste es el motivo

por el que suele ser tan vulnerable a los cambios.

Parte de la identidad de un lugar depende de su ubicación espacial; pero también de la totalidad de los componentes naturales y humanos asociados a éste y ensamblados de un modo único. En efecto, el espíritu del lugar puede incluir la historia y las asociaciones adjudicadas al lugar por la gente que se identifica con él. En paisajes naturales, especialmente donde el impacto humano es pequeño, es posible que el *genius loci* se localice en geoformas, vegetación, aguas de rasgos especiales. Como consecuencia de las características intangibles del *genius loci*, en muchas áreas éste ha sido afectado por intervenciones humanas poco cuidadosas.

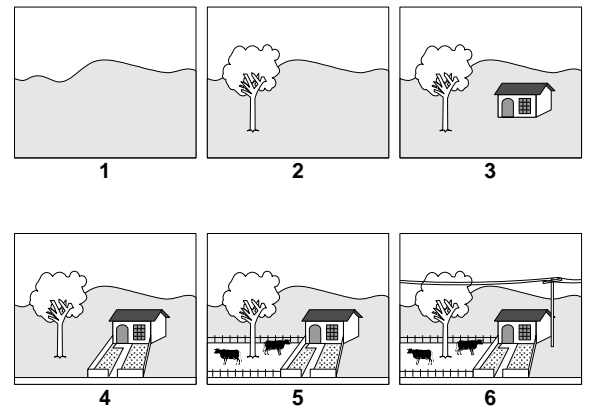


Figura 17. Diversidad e impacto estético-visual. A medida que se agregan elementos aumenta el interés de la escena; el cuadro 5 es altamente diverso aunque retiene su unidad. En el cuadro 6 el grado de diversidad es excesivo y afecta la unidad (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Puesto que el *genius loci* puede ser uno de los atributos principales del lugar, es importante identificar sus cualidades en una etapa temprana del diseño del paisaje.

Incluido en el principio de integración estético-visual puede reconocerse un cierto número de principios subordinados distribuidos en tres grandes categorías:

- Aquellos asociados a los vínculos espaciales.
- A los elementos estructurales.
- A la ordenación de los elementos.

PRINCIPIOS ASOCIADOS A LOS VÍNCULOS ESPACIALES

Dentro de este primer grupo pueden reconocerse los principios de: proximidad, encierro, ensamble, continuidad, similitud y de figura matriz. Estos principios organizativos se refieren a la posición relativa y las interacciones entre los elementos en el espacio.

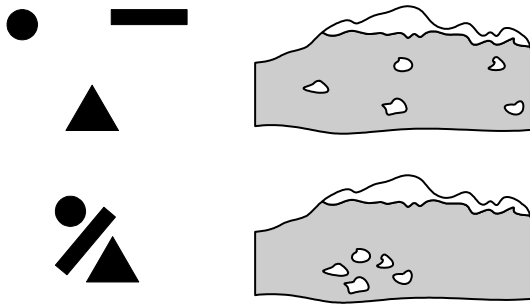


Figura 18. Efecto de la proximidad sobre la percepción de un cierto número de elementos. A la izquierda elementos geométricos separados que adquieren un carácter de unidad al estar próximos. A la derecha claros abiertos en un segmento de bosque; cuando los claros están próximos se los puede percibir como grupo (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Proximidad. Cuanto mayor es la proximidad de los elementos de importancia visual, más se los percibirá como grupo. Si los elementos son demasiado disímiles es posible que la proximidad no baste para atenuar este efecto. La percepción del grupo reduce la importancia individual de los elementos y hace que éste pase a ser un elemento a mayor escala. En la figura 18 se ejemplifica lo precedente a través de la disposición de tres figuras geométricas y un cierto número de claros en una matriz de bosque. En la Figura 19 se observa el efecto de la proximidad de un grupo de árboles sobre la percepción de un espacio en el subsistema doméstico.

Encierre. Cuando los elementos del paisaje sugieren un espacio cerrado, tanto los elementos como el propio espacio cerrado se integran en una forma única. El efecto de encierre puede propiciar el sentido de lugar (*sensu* Tuan Yi Fu, 1974) en el observador, ayudando a integrar espacios potencialmente disímiles; v.gr. una apertura del bosque vista desde un corredor que lo atraviesa, puede percibirse como un espacio cerrado y como parte integral del bosque, o como un espacio claramente distinto y contrastante. La generación de un efecto u otro dependerá del encierre logrado; a su vez, éste dependerá del balance entre la distancia desde el observador a los árboles y la altura de éstos; si el espacio es demasiado grande o los árboles demasiado bajos el sentido de encierre se pierde (figuras 20 y 21).

Ensamble. Cuando los elementos encajan mutuamente, cada uno parece transformarse en parte del otro, generando un patrón más unificado. Las formas orgánicas, naturales, tienden a estar más encajadas (Figura 22); un ejemplo de este fenómeno en paisajes poco modificados son los bordes complejos entre tipos de vegetación diferentes (v.gr. bosque y sabana). Los parches geométricos generados por las actividades humanas no encajan fácilmente con el resto de la ma-

triz; esto hace que se destaquen y carezcan de unidad.



Figura 19. Aplicación del principio de proximidad en el subsistema doméstico. La proximidad de los árboles atenúa el carácter artificial del espacio

Un diseño con un cierto ensamble de formas hace que éstas se perciban como parte de un patrón general mayor, restaurándose la unidad y confundiendo las formas en el paisaje.

Continuidad. La continuidad de los patrones en el espacio ayuda a controlar la escala y a absorber los cambios pequeños dentro de un todo dominante. Tal como se la emplea en este contexto, la continuidad puede ser: a) espacial, cuando un patrón se extiende en dos o tres dimensiones; b) temporal, tal como se observa en el crecimiento de las plantas o el ciclo de las estaciones.

En muchos patrones naturales, la continuidad espacial se manifiesta en la repetición de formas similares en un cierto rango de escalas; esto da sentido al paisaje visto desde diferentes posiciones. A modo de ejemplo, en un bosque existe continuidad espacial por la expansión multidireccional de la canopia y continuidad temporal por la renovación natural de la biomasa (Figura 23).

La continuidad del diseño exige que éste se desarrolle en la escala apropiada para asegurar la continuidad en

el espacio; al mismo tiempo, el horizonte temporal debe permitir percibir la continuidad del patrón en el tiempo.



Figura 20. Volúmenes abierto y cerrado en corredores arbolados de acceso a predios. El impacto estético-visual de la bóveda arbórea posiblemente se vincule a aquello que define al lugar (*sensu* Tuan Yi Fu, 1974)

Similitud. Cuanto mayor es la similitud de forma, dimensiones, textura, color, etc. de los elementos, mayor es la tendencia del observador a conectarlos.

La compatibilidad de forma, color y textura son rasgos esenciales para crear una cierta unidad en el diseño; entre éstos rasgos, la similitud de forma es una variable dominante.

En el paisaje del bosque, la similitud entre la forma de los claros, patrones de vegetación o abras naturales y la geoforma ayuda a absorber estos elementos en el entorno. Sin embargo, es más atractivo tener formas similares que idénticas; a escala de paisaje las formas idénticas son poco naturales. En las figuras 24 y 25 se observan ejemplos del impacto estético visual de la similitud.

Figura y matriz. En la mayoría de los paisajes, algunos objetos se destacan como rasgos característicos o figuras en contraste con una matriz dominante. Generalmente, los elementos más pequeños, de texturas más finas, formas más simples y volúmenes sólidos, tien-

den a formar figuras.

En un paisaje cubierto por un bosque, la presencia de un cuerpo de agua, un roquerío, etc, son figuras naturales; un parche de construcciones en una matriz de potreros agrícolas genera un efecto intrusivo que distrae la atención. Este efecto puede atenuarse rodeando al espacio tecnológico con un buffer de vegetación; de este modo, se genera un vínculo entre la figura y la matriz (Figura 26).

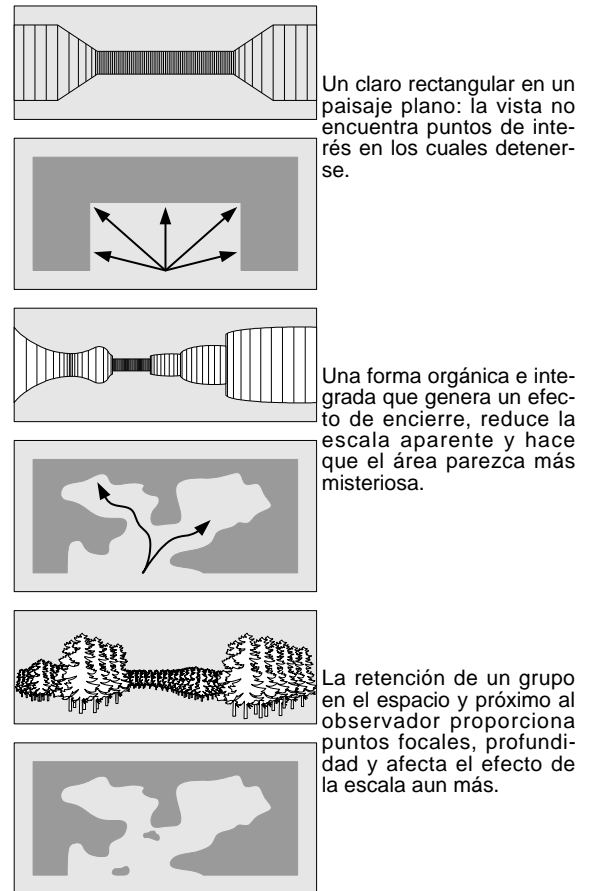


Figura 21. Diferentes tipos de encierre y su impacto sobre la percepción estética y visual (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)



Figura 22. Ensamblajes con diferente impacto visual. Arriba ensamble de dos planos geométricos; abajo ensamble de dos formas orgánicas. Esta última genera una impresión de unidad más intensa (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

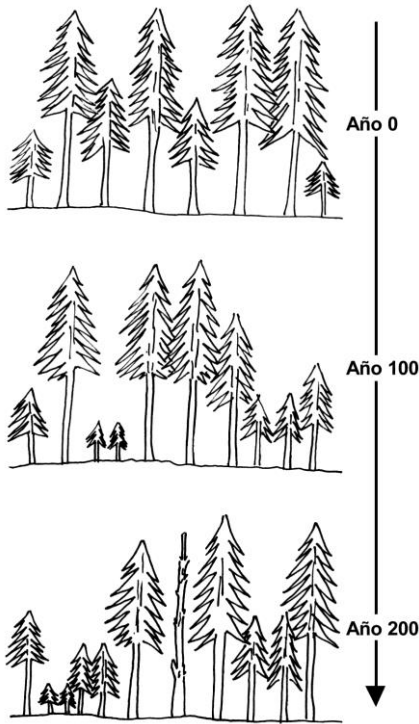


Figura 23. Continuidad en el tiempo. Los árboles cambian pero el bosque permanece (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)



Aunque todas estas formas son triangulares, sus formas y dimensiones no son lo suficientemente similares como para que parezcan parte de una familia.



Aunque la forma es la misma, el patrón y textura de cada triángulo es diferente. Sin embargo, el carácter dominante de la forma hace que los elementos se perciban como grupo.



El carácter grupal se manifiesta con más fuerza por la similitud de formas, dimensiones y textura.

Figura 24. Diferentes ejemplos geométricos de la similitud (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

PRINCIPIOS ASOCIADOS A LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

Estos principios se vinculan a la forma en que las diferentes partes de un diseño se ajustan entre sí y se relacionan entre ellas. Entre los principios correspondientes a este grupo se incluyen: balance, tensión, proporción y escala.

Balance. El equilibrio del paisaje depende de su energía visual; a su vez, ésta depende del peso o fuerza de cada elemento presente y de su posición en el paisaje.

Por ejemplo, un segmento de bosque en la cúspide de una montaña con una ladera desnuda por debajo estará desbalanceado, por el contraste entre dimensiones, color y posición.



Figura 25. Espacio de alta diversidad, pero baja unidad, por la escasa similitud de los parches presentes. Álamos; subsistema natural con matorral, hierbas y arbustos dispersos; vegetación espontánea y subsistema doméstico

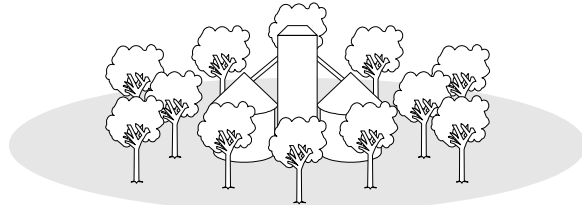
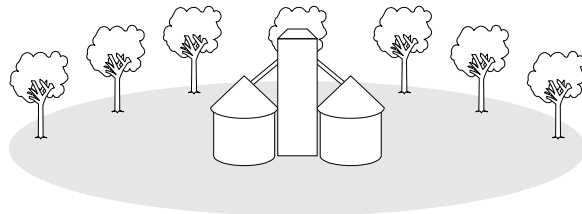


Figura 26. Los árboles y arbustos que se agregan al espacio tecnológico (abajo) atenúan el carácter de parche de las construcciones y facilitan la integración de las figuras (construcciones) y la matriz

También existe una relación entre balance y simetría (Figura 27). En el paisaje, la asimetría es el rasgo más común y cada componente tendrá su propia fuerza visual de color, textura y forma.

Tensión. Ésta ocurre cuando se produce un conflicto entre las fuerzas visuales. La mayoría de las formas ejercen una fuerza visual en cierto grado. Si a una fuerza fuerte se contraponen una débil, ocurre una tensión. Casos típicos son los de un claro que corta una línea de fuerza visual en la geoforma, o una ruta que quiebra el horizonte en un sector de cierta complejidad.

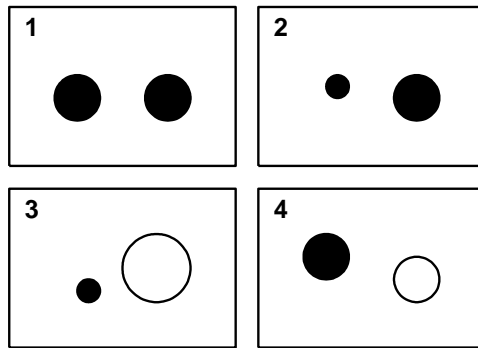


Figura 27. Ejemplos de balance a través de círculos de dimensiones y texturas diferentes. 1) dos círculos balanceados en términos de dimensiones, densidad y posición; 2) la composición está desbalanceada por las diferencias en las dimensiones; (3) las dimensiones varían, pero la mayor densidad del círculo más pequeño es balanceada por la menor densidad del más grande; (4) la distinta densidad hace que círculos del mismo tamaño parezcan desbalanceados (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Ritmo. Elementos similares repetidos y relacionados, la ocurrencia de intervalos regulares o similares crean ritmos, especialmente cuando está implícito un fuerte sentido de dirección (Figura 28). Puesto que la forma es la variable más fuerte, la repetición de elementos de formas similares es un modo directo de crear ritmo. Las geofomas repetidas, los valles, las formas naturales de los bosques, son algunos ejemplos de ritmos presentes en la naturaleza. Cuando los espacios antrópicos se ajustan a la geofoma presente, es posible que éstos, a través de su propio ritmo, refuercen la unidad de los patrones existentes.

Proporción. Cualquier diseño o composición se desarrolla a partir de un cierto número de elementos o partes de elementos; las dimensiones relativas de éstos es un aspecto particularmente importante para lograr unidad y armonía visual. La definición de las proporciones a aplicar en un diseño puede basarse en pruebas y error, o en alguna regla formal. A escala de paisaje suele aplicarse una simple “regla de tercios”. Ésta sostiene que los espacios importantes del paisaje deberían segregarse en proporciones de 1/3 a 2/3; de este modo, ningún elemento será demasiado dominante en proporción o balance, ni existirá un exceso de simetría (esto ocurre cuando todos los elementos tienen una importancia similar) (Figura 29). Una aplicación práctica de esta regla a un paisaje forestal significa que, desde una perspectiva estética visual, debería permanecer intacto entre 1/3 y 2/3 del bosque, mientras el remanente podría cosecharse. A su vez, el área a talar podría dividirse adicionalmente usando la misma regla del tercio, considerando diferentes tiempos, métodos,

etc. Debe advertirse que éstas son proporciones consideradas en perspectiva y no en planta.



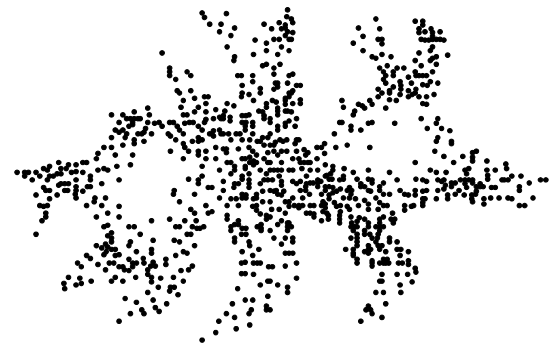
Conjunto de triángulos repetidos con el mismo intervalo. La vista percibe el intervalo y, a partir de éste, se vislumbra un ritmo.



Este conjunto de triángulos carece de ritmo por su diversidad de formas y posiciones.



Los triángulos combinan un mismo intervalo con una dirección desde izquierda a derecha; esto les da más ritmo que los dos casos superiores.



La aglutinación de puntos insinúan los bordes de algunas formas; por otra parte, los núcleos más densos generan un cierto “ritmo orgánico”.

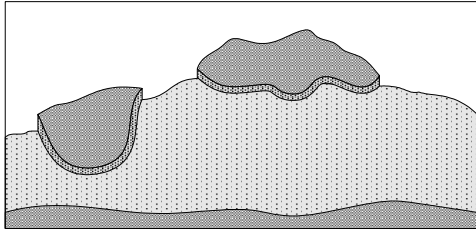
Figura 28. Ejemplos del efecto del ritmo sobre la percepción estético visual (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Además de las proporciones “objetivas” mencionadas, existen proporciones sociales que, en ocasiones, pueden prevalecer. A modo de ejemplo, la proporción de bosque a talar también puede depender de lo que la gente percibe como la personalidad o carácter del lugar. Esto puede derivar de la capacidad de absorción visual, la sensibilidad y el grado en el que ha cambiado el paisaje.

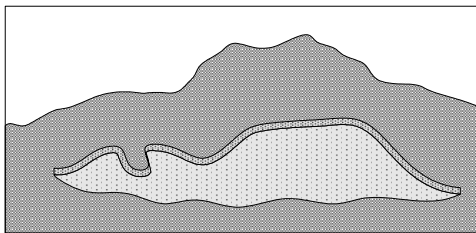
Escala. La escala afecta la percepción que se tiene de las dimensiones y el número de elementos: esto involucra las partes del diseño, las dimensiones humanas y el paisaje como un todo. La escala varía con la distancia entre el observador y el paisaje y la cantidad de paisaje que puede verse desde cierta posición, tanto en un plano horizontal como vertical (Figuras 30). A medida que el observador se desplaza por el paisaje el foco perceptual cambia y lo que es primer plano desde cierta perspectiva pasa a un segundo plano desde otra.

En la parte superior se observa el efecto de la escala en relación con las dimensiones del cuerpo humano. 1) Los pedregullos, probablemente inadvertidos por el observador, forman un pavimento; 2) el observador puede apreciar la presencia de piedras; 3) las piedras son de las mismas dimensiones de la persona; 4) las

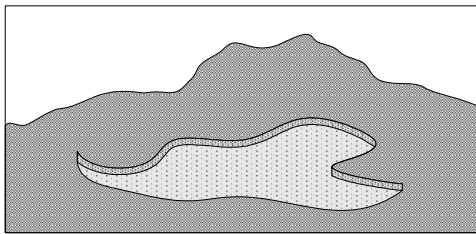
rocas son mayores que el observador, por lo que no puede apreciarse la forma completa en la parte inferior muestra el efecto de la escala en relación con la distancia. A la izquierda, la variación en la forma del borde del bosque le da un cierto interés; a la derecha, desde una distancia mayor, el borde se hace más rectilíneo y pierde parte de su atractivo.



La superficie ocupada por el claro genera un impacto visual fuerte.



El claro ocupa la mitad de la superficie; no domina ni el bosque ni el claro.



En este caso el claro ocupa cerca de 1/3 de la superficie; esta proporción genera un impacto visual menor.

Figura 29. Ejemplos de la “ley del tercio” en la percepción del paisaje (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

PRINCIPIOS ASOCIADOS A LA ORDENACIÓN DE LOS ELEMENTOS

Entre los principios vinculados a la organización de los elementos del paisaje y al orden a seguir en el diseño del espacio, se incluyen: ejes, simetría, jerarquía, datum y transición.

Ejes. Un eje es una línea, real o implícita y casi invariablemente recta, alrededor de la cual se ordenan los elementos (Figura 31). Éste es un elemento simple, aunque importante, para crear orden espacial y disciplina. También produce formalidad y es de carácter antrópico.

Simetría. Se refiere a las partes de una composición y su balance (Figura 32). Independientemente de la forma, la resultante de la simetría es más formalidad. Puesto que las geoformas y los patrones de vegetación suelen ser asimétricos, la simetría suele tener un efecto disruptivo y debería evitarse.

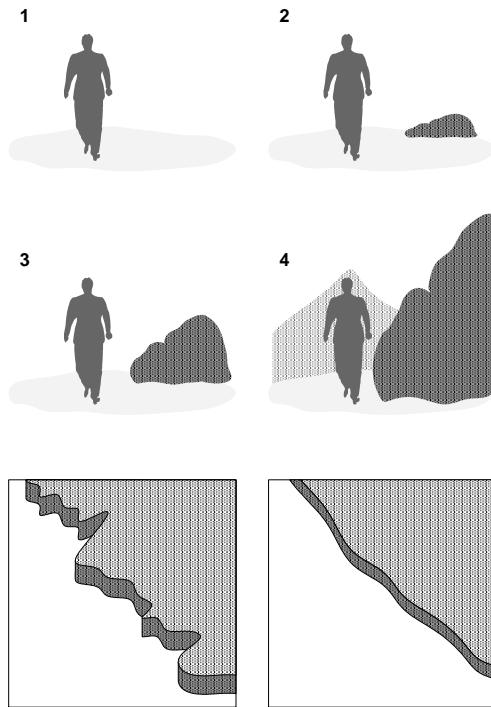
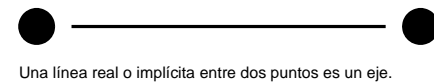
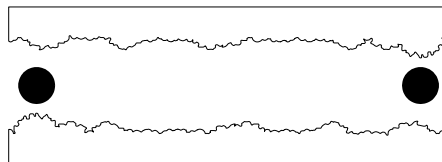


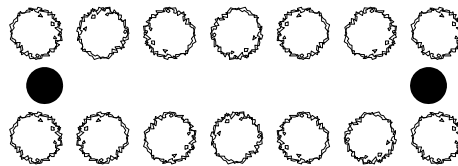
Figura 30. Efecto de la escala en relación con las dimensiones del cuerpo humano y la distancia (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)



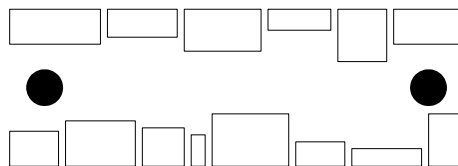
Una línea real o implícita entre dos puntos es un eje.



El eje es definido por un espacio lineal entre dos masas de vegetación.



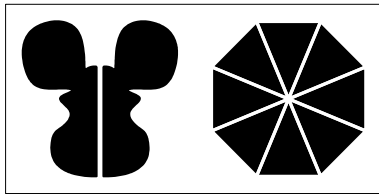
Una avenida de árboles puede ser usada para marcar un eje.



La forma y disposición de los elementos definen un eje.

Figura 31. Diferentes ejemplos de ejes de ordenación (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Jerarquía. En muchos diseños o paisajes, algunos elementos son más importantes o visualmente más dominantes que otros; esto se evidencia en las fuerzas visuales, en la escala y en la proporción. Es importante que esta importancia relativa se refleje en el paisaje, de manera que la vista se detenga en los elementos dominantes antes de fijarse en los menos significativos. Un ejemplo de esto, son los distintos niveles jerárquicos que se perciben desde la cúspide de la montaña hasta el fondo de un valle y que se manifiestan en líneas visuales de fuerza diferente.



A la izquierda, ejemplo de simetría bilateral, donde la forma se repite a través de la línea media en un único plano. A la derecha, simetría caleidoscópica, con tres líneas a través de las cuales se refleja cada parte.



Simetría dual. La vista trata de penetrar el diamante negro para penetrar al espacio negro que está detrás y viceversa.

Figura 32. Ejemplos de diferentes tipos de simetría (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Datum. Un datum es un punto, o una línea, con el cual están espacialmente relacionados los elementos, o al cual se refieren para su posición. Puede ser una línea invisible, aunque su fuerza puede ponerla en evidencia. En predios en los que el determinante de orden se centra en el subsistema natural, la inclusión de un datum puede tener un efecto desafortunado; por ejemplo, cuando se aplica un corte de aclareo a lo largo de un camino rectilíneo es inevitable que la faja despejada refleje la línea recta y así afecte la naturalidad del espacio.

Transición. Muchas partes del paisaje, o de un diseño, difieren en su función, escala, el proceso actuante, o la forma en la que éste se ha desarrollado en el transcurso del tiempo. Un rasgo propio de lo natural es que el pasaje desde un espacio con cierta identidad a otro, transcurre a través de una transición más o menos extensa; v.gr. entre el bosque cerrado y las cimas descubiertas se extiende una transición de bosque abierto primero, luego arbustos deciduos y, finalmente, vegetación herbácea. Este rasgo propio de lo natural es un factor a tener en cuenta en el diseño del paisaje y, tal como se verá luego, en el diseño predial (Figura 33).

PRINCIPIOS A ESCALA PREDIAL

Desde la perspectiva del uso múltiple, el problema del diseño del sistema predial implica la necesidad de

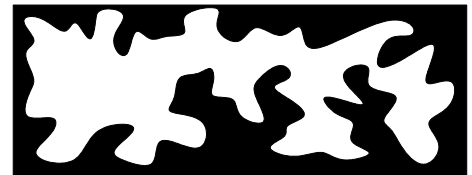
integrar los espacios tecnonaturales presentes, considerando las dimensiones u objetivos funcional productivo, estético, de impacto ambiental y de ocio y recreación. Aunque cada una de las dimensiones de la ordenación reconoce principios particulares, aquí se postula que todos ellos estarán regidos por cuatro principios primarios: diversidad, unidad, flexibilidad adaptativa, e identidad.



Transformación de la forma desde un círculo a un triángulo, a través de un cuadrado, con formas transicionales entre ellos.



Una forma geométrica se transforma gradualmente en una forma orgánica.



Transición espacio/masa: desde un predominio del espacio con poca masa, a la izquierda, al predominio de volumen con poco espacio, a la derecha.

Figura 33. Ejemplos del efecto de la transición sobre la percepción (tomado de Ministry of Forests of Canada, 1995)

Los principios de diversidad y unidad son extensiones de los principios de correspondencia ecosistema-entorno e integración, adecuados a la escala predial y pueden definirse como sigue:

PRINCIPIO DE DIVERSIDAD

Definición: Las alternativas de ordenación de un sistema dado y, por extensión, de su flexibilidad adaptativa, dependen de la diversidad de elementos de ordenación presentes.

El pasaje desde un espacio de solución a otro, requiere que el sistema sea flexible (principio de la flexibilidad adaptativa). Aun cuando la flexibilidad es una propiedad compleja y dependiente de los atributos de cada sistema particular, puede postularse que ella depende de la diversidad del sistema y de la existencia de la información necesaria para desarrollar un nuevo orden. En el caso del sistema predial, el significado de la diversidad dependerá de las características del ámbito y del entorno global; de este modo, donde éstos permiten desarrollar una modalidad de uso múltiple, es posible que la diversidad relevante para la flexibilidad sea de espacios tecnonaturales. Donde lo productivo es el único uso posible, puede que la diversidad relevante se refiera a los distintos estilos de agricultura que podrían desarrollarse en el predio.

PRINCIPIO DE UNIDAD

Definición: *Para que la continuidad de un sistema predial de cierta complejidad sea factible, debe existir unidad entre los subsistemas prediales y entre éstos y su entorno.*

Este principio es particularmente importante durante la etapa de ajuste en la ordenación del sistema¹¹ y se manifiesta en diferentes aspectos de su organización; por ejemplo, en la congruencia que debe existir entre la receptividad tecnológica de los distintos sitios del predio y los usos asignados por el hombre; en la integración de los flujos de energía, materia e información de los subsistemas prediales; en la unidad ecológica y visual del predio en cuestión con el paisaje que lo entorna, etc. Un defecto particularmente frecuente en la organización predial es la separación que existe entre el subsistema doméstico y el resto de los subsistemas; en estas circunstancias, la habitabilidad del predio se restringe al espacio mínimo ocupado por la vivienda y su entorno cercano cuando, en principio, podría extenderse a toda la propiedad. En este sentido, la incorporación de naturaleza bajo la forma de corredores de vegetación, parches de recursos (v.gr. pequeñas lagunas), accesos a los subsistemas naturales, etc, podría ser un recurso unificador importante. Aunque la habitabilidad del espacio predial puede parecer irrelevante para la ordenación, es importante mencionar que la continuidad de los sistemas productivos puede que sea afectada tanto por la pérdida de sostenibilidad de algunos recursos primarios, v.gr. el suelo, como por la falta de interés de la gente por vivir en el campo.

Los principios de flexibilidad adaptativa e identidad son extensiones directas de los principios referenciales desarrollados previamente:

PRINCIPIO DE LA FLEXIBILIDAD ADAPTATIVA

Definición: *La capacidad adaptativa de un sistema predial a un entorno y ámbito global dados depende de la flexibilidad con la que el sistema pueda adecuarse a las variaciones de éstos.*

PRINCIPIO DE IDENTIDAD

Definición: *La ordenación de un sistema predial cualquiera resulta en una identidad particular que lo define y distingue de cualquier otro.*

La identidad es especialmente pertinente a la fase de reorganización del sistema y, en principio, puede postularse que toda reorganización de éste debe ser consecuente o congruente con ella; en este sentido, puede considerarse que la identidad del sistema predial impone restricciones para su reorganización.

La identidad del sistema deriva del conjunto de rasgos emergentes que lo individualizan, o que permiten diferenciar a un sistema dado de cualquier otro. En el caso particular del sistema predial, la identidad deriva de: a) la identidad del paisaje circundante¹²; b) la diversidad de espacios tecnonaturales¹³ existentes en el predio; c) la centralización del sistema; d) la intervención indicial del administrador. Tal intervención deriva de las diferentes acciones transformadoras del espacio predial originadas en las predilecciones personales del ser humano (v.gr. el pintar las varillas y postes del alambrado perimetral; mantener árboles añosos o instalaciones antiguas por cuestiones afectivas, etc.).

De este modo, la importancia de este principio se manifiesta al menos en dos sentidos importantes; en primer lugar, a través de la correspondencia que debería existir entre la identidad del paisaje y la ordenación del predio; esto es especialmente importante donde la tendencia del desarrollo rural es hacia la flexibilidad o la continuidad del paisaje (*sensu* Meews, Ploeg y Wijermans, 1988); en segundo lugar, a través de la creación de espacios indiciales (*sensu* Flores, 1994). Estos últimos espacios contribuyen a desarrollar el sentido de pertenencia al medio rural, aspecto particularmente importante en el problema del despoblamiento del campo.

Entre los cuatro principios enunciados existen relaciones jerárquicas, de manera que la flexibilidad adaptativa del sistema predial resultará del balance entre la diversidad y unidad de los espacios tecnonaturales; a su vez, el principio de identidad es una resultante de la ordenación del sistema y, en cierto modo, debería pautarla. La aplicación de los principios de ordenación a las distintas dimensiones del diseño predial, debería permitir definir los estados óptimo y de factibilidad de un sistema predial afectado por un entorno y ámbito global dados (Figura 34).

Finalmente, aquí se sostiene que la incorporación de espacios con un cierto contenido de naturaleza en el diseño predial, puede tener un efecto positivo en todas las dimensiones de la ordenación (funcional productiva, estético visual, ocio y recreación, e impacto ambiental). Este postulado se sustenta en lo que Wilson (1984) denomina hipótesis de la biofilia. De acuerdo con ésta, el hombre poseería una tendencia congénita a afiliarse con la vida y los procesos vinculados a ella. Consecuentemente, la afinidad hacia otras formas de vida sería una necesidad humana material, intelectual y espiritualmente básica; y la presencia de espacios

¹² Esta depende de las características climáticas, geomorfológicas y culturales existentes; del régimen de disturbios típico y de la presencia de un "cluster" particular de ecosistemas con sus flujos e interacciones propias.

¹³ Los espacios tecnonaturales se caracterizan por el arreglo topológico o arquitectura del sistema (espontáneo o artificial) y el tipo de canalización que permiten (de recursos o de condiciones para la vida) (Ver D'Angelo, C. (200?). "Aplicación de los principios de ordenación predial a casos hipotéticos"); de este modo, un monte natural, un cultivo de cereales, una cortina forestal o un invernadero constituyen diferentes tipos de espacios tecnonaturales.

¹¹ Ver D'Angelo, C. "Marco conceptual para la ordenación".

con cierto contenido de naturaleza en los hábitats humanos tendría un valor *per se*.

CONCLUSIONES

El objetivo primario del presente trabajo fue definir los principios generales que pueden aplicarse al problema del diseño predial, desde la perspectiva del uso múltiple del espacio rural.

En términos generales, el problema central del diseño predial se vincula a la dificultad de ordenar un sistema en el que se contraponen dos metas diferentes: la natural y la antrópica.

El orden, particularmente cuando se trata de sistemas complejos, es un concepto dependiente del paradigma en el que se sitúa el fenómeno problema. En lo que aquí se desarrolla, el problema del diseño predial se sitúa en el contexto general del paradigma del no-equilibrio; a partir de éste, se aplican algunos modelos y paradigmas complementarios, entre los que sobresalen el modelo del Sistema Complejo Adaptativo (SCA) (Gell-Mann, 1995) y el paradigma de la Dinámica Jerárquica de Parches (Wu y Loucks, 1995)¹⁴.

En este contexto, se definen cuatro principios referenciales (correspondencia ecosistema-entorno, integración, identidad y flexibilidad adaptativa) aplicables a la ordenación de cualquier sistema de cierta complejidad. A partir de ellos, el problema de la ordenación se desglosa en el análisis de tres niveles jerárquicos anidados: paisaje, predio y subsistemas prediales.

La importancia del paisaje en el diseño predial es particularmente manifiesta en regiones en las que éste tiende hacia la flexibilidad o continuidad (*sensu* Meews *et al.*, 1988). En esta escala se distinguen dos grupos de principios subordinados a los principios referenciales mencionados: los principios ecológicos y los estético visuales.

La transformación de un ecosistema natural en ecosistema tecnonatural (predio) comienza con la ubicación de los límites administrativos y la segregación subsecuente de los diferentes espacios prediales. Por segregación de espacios, aquí se entiende el arreglo topológico, el tipo de canalización asignado y la ubicación espacial de cada uno de los espacios dentro de los límites del sistema.

En términos generales, se postula que la ordenación es apropiada cuando la segregación es congruente con la meta del sistema; en el marco conceptual del triángulo de Nijkamp (1990), un sistema ordenado se sitúa en las proximidades del espacio óptimo, dentro de los límites de factibilidad del sistema.

Desde la perspectiva del uso múltiple del espacio rural, la ordenación del sistema predial implica la integración de los espacios tecnonaturales presentes de acuerdo con las dimensiones u objetivos funcional productivo, estético, de impacto ambiental y de ocio y recreación. Aunque cada una de estas dimensiones admite principios particulares, aquí se postula que todos ellos estarán regidos por cuatro principios primarios: diversidad, unidad, flexibilidad adaptativa, e identidad, derivados de los principios referenciales ya mencionados.

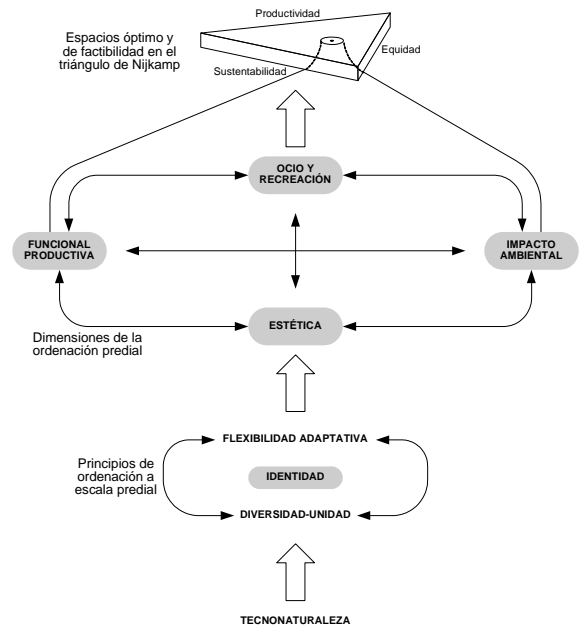


Figura 34. Las relaciones entre los principios de ordenación predial, las dimensiones de la ordenación y los espacios óptimos y de factibilidad en el triángulo de Nijkamp. Los principios de ordenación se expresan a través de la aplicación de tecnonaturaleza en las cuatro dimensiones de la ordenación predial; los espacios óptimo y de factibilidad resultan de una solución integrada de las dimensiones de ordenación

BIBLIOGRAFÍA

- BARRET, G. 1992. Landscape Ecology: Designing Sustainable Agricultural Landscapes. In: OLSON, R.K. (Ed.). Integrating Sustainable Agriculture, Ecology, and Environmental Policy. Food Product Press; Binghamton, NY (EUA); p. 83-103.
- BATESON, G. 1991. Pasos hacia una ecología de la mente. Ed. Planeta-Carlos Lohlé S.A.; Buenos Aires (Argentina); 549 p.
- BEGON, M.; HARPER, J.L. y TOWNSEND, C.R. 1986. Ecology. Individuals, Populations and

¹⁴ Ver D'Angelo, C. (200?). "Marco conceptual para la ordenación".

- Communities. Blackwell Scientific Publications; Oxford (UK); 876 p.7
- BERTALANFFY, Von L. 1975. Perspectives of general system theory. Springer Verlag; New York (EUA); 253 p.
- BROWN, J.H. 1995. Organisms and species as Complex Adaptive Systems: linking the biology of populations with the physics of ecosystems. In: JONES, C.G. y J.H. LAWTON. (Ed.). Linking species & ecosystems. Chapman & Hall; New York (EUA); p. 16–24.
- CORRALIZA, J.A. 1987. La experiencia del ambiente. Percepción y significado del medio construido. Ed. Tecnos S.A.; Madrid, España. 269p.
- 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 (EUA); p. 1–20.
- COSTANZA, R., L. WAINGER, C. FOLKE y K. MÄLER. 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 de Chile (Chile); 335 p.
- ENCICLOPEDIA MULTIMEDIA SALVAT, 1996. Salvat Edit.
- ENCYCLOPAEDIA BRITANICA. Volumen 11. William Benton, Publisher; Chicago (EUA).
- FERRATER MORA, J. 1994. Diccionario de Filosofía de Bolsillo, A–H. Alianza Editorial S.A. Barcelona (España); p. 1–377.
- FERRATER MORA, J. 1994. Diccionario de Filosofía de Bolsillo, I–Z. Alianza Editorial S.A. Barcelona (España); p. 385–789.
- 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.
- GANÁ, C. y R. CUSSEN. 1997. Optimización predial: un método eficiente. Mat. Inédito; 2 p.
- GASTÓ, J. 1979. Ecología: el Hombre y la Transformación de la Naturaleza. Santiago, Chile, Editorial Universitaria. Santiago, Chile. 573 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 de Chile (Chile); 170 p.
- GASTÓ, J. 1986. Regulación del ecosistema. Material mecanografiado; 20 p.
- GASTÓ, J. 1994. Principios de Diseño de Paisaje Rural. Borrador de Discusión. Curso de Uso Múltiple del Territorio; Córdoba, España; 27 p.
- GASTÓ, J. 1995. Uso Múltiple del Territorio. Curso de Desarrollo Rural, CIDA–ETSIAM, Universidad de Córdoba (España); 71 p.
- GASTÓ, J. 1996. Ordenamiento del Espacio Rural. Manual de aplicación a municipios y predios. Borrador de discusión; 477 p.
- GASTÓ, J., R. ARMIJO, y R. NAVA. 1984. Bases heurísticas del diseño predial. Sistemas en agricultura 8407. Universidad Católica de Chile; Santiago de Chile (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.
- GOLEMAN, D. 1996. La inteligencia emocional. Javier Vergara Editor S.A. Buenos Aires (Argentina); 397 p.
- HOBBS, R.J. y L.F. HUENNEKE. 1992. Disturbance, diversity and invasion: implications for conservation. *Conserv. Biol.* 6:324–37.
- JANTSCH, E. 1980. The Self–Organizing Universe. Scientific and Human Implications of the Emerging Paradigm of Evolution. Pergamon Press; Oxford (England); 343 p.
- JÖRGENSEN, S. V. 1992. Integration of Ecosystem Theories: a Pattern. Kluwer Academic Publishers. 383 p.
- KUHN, T.S. 1971. La estructura de las revoluciones científicas. Fondo de la Cultura Económica. Méjico.
- LARICK, R. y R. CIOCHON. 1996. The African Emergence and early Asian Dispersals of the Genus Homo. *Am. Scientist* 84 (6): 538–551.
- LAVANDEROS, L., H. ESPINOZA, E. MUÑOZ y G. GUTIÉRREZ. 1994. Capítulo 1. La relación sociedad–naturaleza. p. 21–30. En: LAVANDEROS, L., J. GASTÓ y P. RODRIGO. (Ed.) Hacia un ordenamiento ecológico–administrativo del territorio. Sistemas de Información Territorial. Minist. Bienes Nacionales; U. C. de Chile; U. C. de Valparaiso; Corp. Chile Ambiente; Santiago, Chile. 197 p.
- LEFEBVRE, H. 1985. The Production of Space. Blackwell; Oxford (UK); 453 p.
- LOWRANCE, R. 1992. Sustainable Agriculture Research at the Watershed scale. In: OLSON, R.K. (Ed.). Integrating Sustainable Agriculture, Ecology, and Environmental Policy. Food Product Press; Binghamton, NY(EUA); p. 105–111.
- LYNCH, K. 1972. “What Time Is This Place? The MIT Press; Cambridge (EUA); 277 p.

- MARGALEF, R. 1977. *Ecología*. 2da. Edición; Ed. Omega S.A.; Barcelona (España); 951 p.
- MATHER, A.S. 1986. *Land Use*. Longman Group (FE) Limited; Burnt Mill (England); 286 p.
- MC NAUGHTON, S.J. y L.L. WOLF. 1984. *Ecología General*. Ed. Omega, S.A. Barcelona (España). 713 p.
- MEEWS, J., J.D. PLOEG v.d., y M. WIJERMANS. 1988. Changing agricultural landscapes in Europe: Continuity, deterioration or rupture?. IFLA Conference; Rotterdam; 102 p.
- MINISTRY OF FORESTS OF CANADA. 1995. *Visual Landscape Design Training Manual*. Recreation Branch; Canada, 166 p.
- NIJKAMP, P. 1990. Regional sustainable development and natural resource use. World Bank Annual Conference and Development Economics. Washington, D. C.
- NORTON, B.G. 1991. Ecological Health and Sustainable Resource Management. In: COSTANZA, R. (Ed.). *Ecological Economics. The Science and Management of Sustainability*. Columbia University Press; New York (EUA); p 102–117.
- NOSS, R.F. 1992. The wildland project land conservation strategy. *Wild Earth*. Special issue: 10–25.
- ORTEGA y J. GASSET, 1995. Meditación de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía. *Revista de Occidente en Alianza Editorial*; Barcelona (España); 170 p.
- PAYNE, N.F. y F.C. BRYANT. 1986. *Techniques for Wildlife Habitat Management of Uplands*. McGraw–Hill Inc.; New York (EUA); 840 p.
- 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.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. 1984. *Diccionario de la Lengua Española*. 20ma. Edición. Ed. Espasa–Calpe; Madrid (España); 1417 p.
- ROLSTON, H. III. 1981. Values in Nature. *Environmental Ethics* 3: 113–128.
- ROLSTON, H. III. 1992. Disvalues in nature. *The Monist* 75: 250–278.
- SACK, R.D. 1982. Conceptions of Space in Social Thought. A Geographic Perspective. 231 p.
- SCHULZE, E. y H.A. MOONEY. 1994. Ecosystem Function of Biodiversity: A Summary. In: SCHULZE, E.D. y MOONEY, H. (Ed.). *Biodiversity and Ecosystem Function*; Springer–Verlag; Berlin (Germ.); p.497–510.
- SEIKE, K; KUDO, M. y D.H. ENGEL. 1992. *A Japanese Touch For Your Garden*. Kodansha International; Tokyo (Japan); 80 p.
- SOLBRIG, O.T. (1994) *Plant Traits and Adaptive Strategies: Their Role in Ecosystem Function*. En: SCHULZE, E–D y H. MOONEY. (ed.). *Biodiversity and Ecosystem Function*; Springer–Verlag, Berlin (Germ.); p. 97–116.
- SWIFT, M.J. y J.M. ANDERSON. 1994. Biodiversity and Ecosystem Function in Agricultural Systems. In: SCHULZE, E.D. y MOONEY, H. (Ed.). *Biodiversity and Ecosystem Function*; Springer–Verlag; Berlin (Germ.); p.17–41.
- TUAN YI–FU. 1974. *Topophilia. A Study of Environmental Perception, attitudes, and values*. Prentice–Hall Inc.; New Jersey (EUA); 260 p.
- TUAN YI–FU. 1979. *Space and Place: Humanistic Perspective*. In: GALE, S. y OLSON, G. (Ed.). *Philosophy in Geography*. D. Reidel Publishing Company; Dordrecht (Holland); p. 387–427.
- VIAL LARRAÍN, J. 1982. *Concepción Filosófica del Espacio*. En: CONSEJO DE RECTORES DE LAS UNIVERSIDADES CHILENAS. *El espacio en las ciencias*. Editorial Universitaria; Santiago de Chile (Chile); p. 23–43.
- VITOUSEK, P.M. y D.U. HOOPER. 1994. Biological Diversity and Terrestrial Ecosystem Biogeochemistry. In: SCHULZE, E.D. y MOONEY, H. (Ed.). *Biodiversity and Ecosystem Function*; Springer–Verlag; Berlin (Germ.); p. 3–14.
- WEBSTER'S. 1963. *Third New International Dictionary of the English Language*. Merriam; Springfield, Massachusetts.
- WEYL, H. 1952. *Symmetry*. Princenton University Press. Princenton (EUA). 168 p.
- WILSON, E.O. 1994. *La diversidad de la vida*. Crítica. Barcelona (España); 410 p.
- WILSON, W.O. 1984. *Biophilia*. Harvard University Press; Cambridge (EUA); 157 p.
- WOLMAN, M.G. y F.G.A. FOURNIER. (Ed.). 1987. *Land Transformation in Agriculture*. Scope 32. John Wiley & Sons; Chichester (Great Britain); 531 p.
- 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.

