25 GEOGRAFÍA PARA EL SIGLO XXI SERIE: TEXTOS UNIVERSITARIOS

Apuntes de geografía física y del paisaje

Mario Arturo Ortiz Pérez

Luis Miguel Espinosa Rodríguez
Gisselle Oliva Valdés
(Editores)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

IG INSTITUTO DE GEOGRAFÍA UNAM

Apuntes de geografía física y del paisaje

Instituto de Geografía
Universidad Nacional Autónoma de México

Colección: Geografía para el siglo XXI
Serie: Textos universitarios, núm. 25

Apuntes de geografía física y del paisaje

Mario Arturo Ortiz Pérez

Luis Miguel Espinosa Rodríguez
Gisselle Oliva Valdés
(Editores)

México, 2019

Ortiz Pérez, Mario Arturo
Apuntes de geografía física y del paisaje / Mario Arturo Ortiz Pérez; editado por Luis Miguel Espinosa Rodríguez, Gisselle Oliva Valdés.— México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geografía, 2019
175 p.: il.— (Geografía para el siglo XXI. Textos universitarios; 25)
ISBN 970 32 2965 4 (obra general
ISBN 978 607 30 1371 0 (libro)
DOI http://dx.doi.org/10.14350/gsxxi.tu.25

1. Geografía física 2. Paisaje I. Espinosa Rodríguez, Luis Miguel, ed. II. Oliva Valdés, Gisselle, ed.III. Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geografía IV. Ser. V. t.

Apuntes de geografía física y del paisaje

Primera edición, 31 de mayo de 2019

D.R. © 2019 Universidad Nacional Autónoma de México

Ciudad Universitaria,
Coyoacán, 04510 México, Cd. Mx.
Instituto de Geografía,
www.unam.mx, www.igeograf.unam.mx

Editora académica: Atlántida Coll-Hurtado
Editores asociados: María Teresa Sánchez Salazar y Héctor Mendoza Vargas
Editor técnico: Raúl Marcó del Pont Lalli

Prohibida la reproducción parcial o total por cualquier medio,
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Esta publicación presenta los resultados de una investigación científica y contó con dictámenes de expertos externos, de acuerdo con las normas editoriales del Instituto de Geografía.

Geografía para el siglo XXI (Obra general)
Serie: Textos universitarios
ISBN (Obra general): 970-32-2965-4
ISBN: 978-607-30-1371-0
DOI: http://dx.doi.org/10.14350/gsxxi.tu.25

Impreso y hecho en México

Índice

Introducción……11

Capítulo 1. Esfera geográfica……14

Capítulo 2. Modelos como sistemas fisiográficos-geomorfológicos……34

Capítulo 3. Regionalización de los espacios naturales……51

Capítulo 4. La estructura espacial y la escala temporal……67

Capítulo 5. Estructura, funcionamiento y temporalidad del paisaje……93

Capítulo 6. Conceptos de conectividad, bordes de contacto,……126
cambios del paisaje y sucesión

Capítulo 7. Función y dinámica de los flujos……147

Capítulo 8. La actividad humana y el paisaje……160

Bibliografía……169

Índice de figuras y tablas

Figura 1.1. Jerarquía de los espacios sociales urbanos.....18
Figura 1.2. Entre la troposfera y la litosfera se combinan las demás envolturas, para la existencia de vida en una película o epidermis muy delgada.....20
Figura 1.3. La estructura y contenido del paisaje.....21
Figura 1.4. La localidad se examina y se descifra al ir revelando su situación y su ubicación con respecto a los vecinos cercanos y más lejanos.....23
Figura 1.5. Relaciones posicionales de adyacencia y de liga con los vecinos...24
Figura 1.6. Zonación de fajas climáticas basadas en la temperatura.....28
Figura 1.7. Liga entre la altitud y la latitud en el incremento de ambientes bioclimáticos hacia las latitudes bajas o decremento de la diversidad hacia las latitudes frías.....28
Figura 1.8. Micro-zonación de vertientes referidas a los cambios de condiciones entre unidades naturales de relieve.....29
Figura 1.9. Diferenciación espacial de unidades territoriales derivadas de la oblicuidad de radiación solar.....29
Figura 2.1. Relaciones entre las fuentes de energía y los procesos geomorfológicos.....36
Figura 2.2. Relaciones entre las fuentes de energía y los procesos geomorfológicos.....36
Figura 2.3. Ejemplo de los perfiles idealizados de dos ríos ligados a la relación con la energía potencial.....39
Figura 2.4. Liga en los niveles de organización desde la caja negra (*black*), gris (*grey*) y blanca (*white*).....41
Figura 2.5. Las gráficas de correlación entre variables son fáciles de visualizar al estar usualmente representadas mediante una gráfica cartesiana.....42
Figura 2.6. Representación de sistemas aislados, cerrados y abiertos.....44
Figura 2.7. Esquema de un sistema en secuencia, exhibe la relación entre varios subsistemas.....45
Figura 2.8. Relaciones establecidas por la retroalimentación en circuito en un sistema de procesos y respuestas.....46
Figura 2.9. Relaciones hombre-ambiente como un simple sistema de retroalimentación.....47
Figura 2.10. Procesos sistémicos de retroalimentación en un sistema natural y antrópico (cultural y tecnológico).....47
Figura 2.11 Esquema de retroalimentación negativa.....48

Figura 2.12. Esquema de un circuito de retroalimentación positiva.....48
Figura 2.13. Liga de haz de relaciones entre los factores físicos, biológicos y socioeconómicos.....50
Figura 3.1. Diagrama triangular de observación estratificada.....55
Figura 3.2. Factores formadores del paisaje y la estructura de relaciones.....58
Figura 3.3. Ejemplo esquemático del efecto del cambio de escala (cambio de nivel de detalle) en el análisis de un paisaje.....58
Figura 4.1. Esquema con los patrones emergentes básicos "geoforma y cobertura.....71
Figura 4.2. Pautas repetitivas del paisaje, que incluye una secuencia o repetición regular de perfiles de vegetación con suelos asociados a las formas topográficas.....72
Figura 4.3. La inseparabilidad de la liga espacial y combinación de flujos.....73
Figura 4.4. Clima zonal y las variaciones intrazonales y azonales.....73
Figura 4.5. Esquema diferenciado del paisaje debido a la diversidad de patrones en la composición del paisaje.....74
Figura 4.6. Relación idealizada entre interfluvios y valles ligados a la edad relativa del relieve de carácter mesiforme.....76
Figura 4.7. Relieve montañoso erosivo de laderas configuradas en facetas triangulares.....76
Figura 4.8. Línea de grava o bloques que señala una antigua superficie de erosión.....77
Figura 4.9. Detalle de la distribución y disposición de las rupturas de pendiente que a su vez marcan los bordes de contacto de distinta naturaleza afilada y abrupta, entre los que se mezclan los suaves.....79
Figura 4.10. Detalle de las rupturas de pendiente separando a los diversos elementos del relieve.....80
Figura 4.11. Laderas con declives suaves y pendientes con inclinación gradual y continua, sin rupturas de pendiente.....80
Figura 4.12. En primer plano, un paisaje de lomeríos con declives de pendiente continua.....81
Figura 4.13. La ladera recibe energía de la influencia gravitacional y radiación solar impulsando la combinación de flujos que es transferida al subsistema fluvial, al subterráneo y al atmosférico.....82
Figura 4.14. Representación esquematizada de los tres tipos de pendientes: a) interfluvios, b) saltos de cabeceras c) declives descendentes de valles.....83
Figura 4.15. En primer plano, laderas pronunciadas diseccionadas casi completamente por laderas de valles de montaña.....84

Figura 4.16. Imagen idealizada de las etapas de desarrollo de la evolución kárstica……85
Figura 4.17. Estructuras típicas de ambiente residual……86
Figura 4.18. Depósitos de talud producto de la influencia de la gravedad formando conos y rampas coluviales……87
Figura 4.19. Perfil transversal a fin de ilustrar los diferentes lechos fluviales…88
Figura 4.20. Liga morfogénesis, formación de suelos y las condiciones ambientales como soporte de la vida……89
Figura 4.21. Marisma de manglar, en términos geomorfológicos llanura de inundación de intermareas. Ejemplo de la biostasia con claro dominio sobre la morfogénesis……89
Figura 4.22. La reptación del suelo (*creep*) es el movimiento paralelo b) distribución de la velocidad……91
Figura 4.23. Balance morfogenético, según la propuesta de Alfred Jahn 1954…92
Figura 4.24 Un sistema de la ladera de un valle, con flechas se muestran los flujos, de entrada, de transferencia abierta, de transmisión superficial, sub-superficial y subterránea……92
Figura 5.1. Contraste entre ambientes extremos, el medio marino, el borde de manglar, con una planicie de inundación y al fondo una franja de selva baja seguida de un blanquizal de inundación……96
Figura 5.2. Caracterización según el grado de contrasticidad en el perfil de la secuencia de unidades……99
Figura 5.3. Patrones temporales de perturbación……100
Figura 5.4. Estructura de parches de recursos ambientales, con contornos de borde definidos por una franja periférica de gramíneas circundante a la mancha central……102
Figura 5.5. El tamaño y la liga en relación con las especies del interior y del borde……103
Figura 5.6. Al dividir el parche en dos pequeños se induce la creación de una barrera que limita la expansión del disturbio……103
Figura 5.7. Nótese la matriz conteniendo dos parches de "Petenes"……104
Figura 5.8. Grandes parcelas de vegetación natural son las únicas estructuras en un paisaje que protegen los acuíferos y las redes interconectadas……104
Figura 5.9. Un parche grande tiene un número mayor de especies y una población más grande……105
Figura 5.10. Los parches de tamaño pequeño también tienen beneficios solo si la configuración es de una hilera de parches y tiene un diseño de lazo……105
Figura 5.11. Al fondo, en segundo plano, arreglo de manchas encadenadas y en

hileras. El primer plano puede conjugarse con el segundo, formando una trayectoria de lazo con diversos patrones.....106
Figura 5.12. Remoción de parches.....108
Figura 5.13. A la izquierda, efecto de barrera con flujo paralelo al contacto abrupto; derecha, mayor flujo de intercambio en el contacto sinuoso.....108
Figura 5.14. Contorno y la forma de los bordes (cóncavos y convexos).....109
Figura 5.15. Parte superior. Un elemento de expansión en un área ambientalmente heterogénea. Parte inferior. a) parche en proceso de expansión y b) parche en proceso de reducción.....109
Figura 5.16. Diferentes tipos de corredores.....111
Figura 5.17. Las funciones de los conectores.....111
Figura 5.18. Arreglo singular de la estructura espacial que se observa en el primer plano al centro.....112
Figura 5.19. Planicie de inundación limitada por un escalón de manglar de borde.....112
Figura 5.20. Tipo y número de conexiones (cercas vivas).....113
Figura 5.21. Imagen de una llanura de cordones arenosos de antiguas playas...114
Figura 5.22. Permeabilidad (porosidad) y conectividad de la matriz.....115
Figura 5.23. Componentes de la heterogeneidad.....115
Figura 5.24. Variaciones de la conectividad espacial.....116
Figura 5.25. Los tipos de la composición del paisaje.....117
Figura 5.26. Tipos de dinámica en la transferencia de materiales.....119
Figura 5.27. Traslado de materiales sedimentarios hacia las partes bajas de la vertiente, erosión regresiva y encajamiento del lecho fluvial, pérdida de suelos y de vegetación en la porción superior.....120
Figura 5.28. Estructura espacial (horizontal) del paisaje.....122
Figura 5.29. Representación gráfica de la heterogeneidad.....123
Figura 5.30. Patrones de configuración geométrica del paisaje.....123
Figura 5.31. Estilos estructurales de relieve y la relación con los patrones de configuración.....124
Figura 6.1. Imagen de una mancha de selva tropical, conocida en Yucatán como "petén".....128
Figura 6.2. Ilustra la proximidad entre los contornos de parches incluidos en una extensa matriz.....128
Figura 6.3. Fisonomía de la estratificación en una selva tropical.....130
Figura 6.4. Estructura de la distribución vertical de la vegetación en un gráfico de la disposición de estratos vegetales en forma de pirámide en función de la talla.....130

Figura 6.5. Se presenta un mosaico donde existe sobreposición en la jerarquía espacial de parches.....132
Figura 6.6. Estructura de bordes.....136
Figura 6.7. Estructura de bordes.....137
Figura 6.8. Condiciones extremas limitantes del micro-hábitat rocoso.....139
Figura 6.9. Etapas de estadios transitorios en un marco idealizado.....140
Figura 6.10. Perfil del bosque de selva tropical húmeda.....142
Figura 6.11. Patrones de cambios.....143
Figura 6.12. En la curva se muestra la relación y variación de la producción bruta, neta y la biomasa en pie durante la sucesión.....145
Figura 6.13. Hipótesis con respecto a la colonización y la extinción en la diversidad de especies en islas con diferentes características.....146
Figura 7.1 Secuencia del flujo de energía y su pérdida en forma de calor en cada fase de la cadena.....148
Figura 7.2. Thomas (1965) ocupa estos ejemplos para ilustrar las características de la distribución espacial.....157
Figura 8.1. Modelos espaciales de estructura urbana.....164
Figura 8.2. Modelos espaciales de estructura urbana.....164
Figura 8.3. Modelos espaciales de estructura urbana.....165

Tabla 1.1 Criterios de diferenciación espacial y territorial.....18
Tabla 7.1. Clasificación de los sistemas energéticos.....152
Tabla 7.2. Flujos internos y externos.....154
Tabla 7.3. Elementos estructurales y función de los flujos.....158
Tabla 8.1. Resumen tipo de paisajes ligada a la estructura espacial y la bio masa.....162

Introducción

El Dr. Mario Arturo Ortiz Pérez ha sido reconocido como un investigador y profesor de alta calidad académica; nos atrevemos a decir que, seguramente, fue uno de los mejores geógrafos de México. Existen anécdotas y referencias de más de treinta generaciones de estudiantes que aprendieron mucho más que geomorfología y paisajes en sus clases, así como de colegas y amigos que compartieron la docencia y la investigación con él.

Hombre y profesional apasionado, crítico y original; fue siempre respaldado por el rigor científico y un amplio marco axiológico revestido por dos grandes virtudes: la sencillez bañada por la humildad, y el interés sincero de ayudar a formar personas en el campo de la ciencia para construir un mejor país.

Como académico en la Universidad Nacional Autónoma de México, preparó materiales de uso didáctico, donde se destaca la elaboración de notas perfiladas para la preparación de las clases de las asignaturas impartidas en licenciatura y posgrado. Estas aportaciones originales se complementaron con textos o fragmentos que, a consideración del Dr. Ortiz, fueron lo más destacado en diferentes corrientes del pensamiento.

Estos textos fueron –y siguen siendo– usados por becarios, estudiantes, tesistas y profesores, y se convertirían en los "Apuntes", destacándose en ellos dos orientaciones específicas: la primera englobaría temáticas de geoecología, fisiografía, regionalización y paisaje, y la segunda se referiría a estudios de geomorfología en diferentes territorios. Esta publicación recupera la primera orientación.

El objetivo del Dr. Ortiz, y que recupera esta obra, era entregar a los estudiantes del territorio un documento integral que abarcara los conceptos más elementales de la ciencia geográfica a través de la síntesis y del acopio de ideas elementales vertidas por quienes él consideró sus guías académicas. Sin embargo, el Dr. Mario Arturo partió dejando inconcluso este legado, el cual, con el esfuerzo y el talento de reconocidos académicos convocados por Gisselle, su esposa, y su siempre alumno y amigo Luis Miguel Morales, ha sido concluido a la distancia de aquella mañana cuando la vida de nuestro maestro alcanzó el ocaso.

Así, el propósito del Dr. Mario Arturo, como siempre, era dar a conocer a la comunidad científica un documento que integrara la experiencia de la relación

docencia-investigación como un humilde pero significativo aporte a la sociedad. De esta manera, se ha gestado el presente documento, el cual posee un andamiaje conformado por las ideas acerca de la geografía y el paisaje que fueron elaboradas en un complejo sistema de síntesis académica, y por las referencias textuales de algunos textos publicados por autores como Andrés Etter, González Bernáldez y José Mateo, entre otros. Por esta razón, algunos capítulos se presentan como la integración de la experiencia de vida del Dr. Ortiz Pérez con textos que, si bien se escribieron hace varios años, en el tiempo presente se yerguen como pilares del análisis geográfico. Al respecto, el Dr. Mario Arturo refería:

> Las notas de esta temática forman parte de una compilación y adaptación de los conceptos básicos de geoecología. Textos seleccionados de varios autores son readecuados a fin de puntualizar las claves de interpretación para que sirvan de guía en el reconocimiento, delimitación y caracterización de las unidades espaciales de homogeneidad relativa, conocidas como paisajes. Se intenta arribar a esta problemática con lineamientos que, por su enfoque, sirvan como términos de referencia para guiar el proceso de regionalización física en el contexto de la geografía del paisaje. Cabe aclarar que estas notas fueron un apoyo para el curso Marco Natural del Ordenamiento Territorial del Posgrado en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras (FyL) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Esta obra consta de ocho capítulos en los cuales se abordan temas relacionados con la geografía del paisaje, el análisis de gráficos y de las variables geográficas que disfrutaba investigar. Los contenidos específicos de esta obra son:

1. Conceptos básicos de geoecología del paisaje
2. Modelos como sistemas fisiográficos-geomorfológicos
3. Regionalización de los espacios naturales
4. La estructura espacial y la escala temporal
5. Estructura, funcionamiento y temporalidad del paisaje
6. Conceptos de conectividad, bordes de contacto, cambios del paisaje y sucesión
7. Función y dinámica de los flujos
8. La actividad humana y el paisaje

En cada capítulo se encuentra una breve introducción escrita por las personas y amigos cercanos a Mario Arturo quiénes fueron los responsables de revisar

las ideas, la sintaxis y las referencias bibliográficas de las figuras y los textos desarrollados. Al interior de los capítulos se encuentran figuras elaboradas en sesiones de clase que se llevaban a cabo en el cubículo del Instituto de Geografía de la UNAM. Es por ello que reconocemos y agradecemos el trabajo profesional y que con gran cariño realizaron Andrés Fernando Benítez Omaña, José Luis Palacio Prieto, Oralia Oropeza Orozco, Silke Cram Heydrich, Patricia Méndez Linares y José Ramón Hernández Santana.

Participaron también de manera entusiasta en esta obra Magdiel Lydia Barrios Rodríguez, Lizandra Salgado Mundo, Dolores Magaña Lona, Araceli León González, Erika Rivera Martínez, Raúl Miranda Gómez y Tomás Rosales López quienes revisaron el manuscrito final y María Macarena Espinosa Sánchez la cual trabajó en la restauración de los dibujos originales.

¡Gracias a todos!

Luis Miguel Espinoza Rodríguez
Gisselle Annette Oliva Valdés

Capítulo 1. Esfera geográfica

Prólogo

En el presente capítulo el autor dedica un espacio para diferenciar los campos de estudio de la geografía y de la ecología del paisaje para diferenciar de manera clara las características que aporta cada ciencia al análisis geoecológico del paisaje, en donde integra y sintetiza el conocimiento de ambas ciencias con un objeto de estudio común.

De manera particular, refiere a la necesidad de estudiar el territorio con una visión espacial y holística en donde vierte la importancia social del análisis de la esfera geográfica y de las funciones que otorga el paisaje.

Por otra parte, discurre sobre diferentes leyes y factores que rigen al medio natural para comprenderlo de manera integral.

Cabe aclarar que el autor realiza un proceso de compilación y adaptación de conceptos provenientes de diferentes partes del mundo con el propósito de orientar en el proceso de análisis e interpretación de elementos e indicadores del territorio.

Introducción

La geografía, como ciencia de la organización del espacio terrestre, analiza y evalúa las relaciones que caracterizan hechos y fenómenos que ocurren en una porción de la superficie terrestre en un tiempo determinado. Por ende, integra y sintetiza el conocimiento de la composición y arreglos interdependientes del ensamble fisiográfico, mismos que se encuentran ligados a través de una estructura espacial que está conectada para controlar o regular su funcionamiento, entendido este último como el sistema de intercambio por donde transita y se traslada la materia, la energía y la información de un sistema, cuya combinación interrelacionada da como resultado los procesos que se estudian con un profundo enfoque integrador.

Se considera a la envoltura geográfica como un sistema material que se encuentra en estado dinámico y abierto, que cambia constantemente en el tiempo y el espacio. Su campo de estudio se limita a una estrecha franja formada por la película de la superficie terrestre que es animada por el traslado de la energía, la materia y la información, aceptando su existencia como una realidad objetiva de su funcionamiento (Mateo 2004).

De esta manera, el espacio terrestre es objeto de estudio de la geografía, considerando tanto a la escala global de la superficie terrestre como a la división de sus partes en regiones y paisajes.

La geografía a través del espacio terrestre trata a la Tierra en función de las interrelaciones causales presentes, su misión consiste en conocer las leyes que rigen las causas de la interacción entre una determinada distribución y los cambios contemporáneos encaminados y orientados a la generación de escenarios futuros deseados, tomando consciencia de los no deseados de la realidad.

Dada la amplitud y complejidad de esta ciencia, de forma convencional para su estudio se ha dividido en física y humana. En el caso de la primera, se conduce como una disciplina que enfrenta el reto de aportar nuevos conocimientos con el compromiso de participar en el conocimiento de las leyes que rigen la interacción y distribución espacial en el soporte físico que da sustento al desarrollo humano, orientado y consensado a la generación de escenarios deseables.

La necesidad de conocer la estructura espacial

El problema de investigación sobre el conocimiento de la estructura espacial surge de la necesidad de contar con una referencia clara y concisa del marco espacial de la superficie terrestre, vista como patrimonio y fuente de recursos como el agua, el suelo y la vegetación, la cual posee una estructura diversa en mosaicos de diferentes contextos y soportes, donde tienen lugar la acción humana y biótica del ecosistema.

Importancia y justificación social

En el ámbito de la planeación regional y el ordenamiento territorial, la estructura espacial permite generar conocimientos que se utilizan en:

- Orientar la utilización de los recursos naturales de acuerdo a la potencialidad del recurso.
- Vincularse con el desarrollo sustentable (Bocco *et al*, 2005, 2009).
- Para determinar la organización del uso del suelo, la evaluación de tierras, la potencialidad, la capacidad o aptitud natural del territorio y ocupación del territorio. (Nota: la vocación es algo intrínseco al ser humano, no al territorio o al suelo.)
- Previene sobre las áreas con probabilidades donde se presenten fenómenos y procesos naturales e inducidos que constituyen una amenaza a la vulnerabilidad del territorio.
- Como estrategia geopolítica.
- Orienta, a través de planes de desarrollo, la localización de las actividades económicas en oposición a la distribución espontánea de acuerdo con las leyes de mercado.
- Identifica y propone la resolución de los problemas de la distribución territorial de bienes y recursos naturales, ligadas a las formas de su apropiación.
- Cambiar inercias, considerar que "… el espacio no se puede concebir solo de forma económica. No basta la consideración del hombre como habitante o consumidor" (Haro, 1983).
- Disminuir los desequilibrios de acuerdo con la potencialidad, aptitud o capacidad del suelo, en busca de una funcionalidad mayor, y utilización racional de acuerdo con las necesidades de la población.
- Permite entender el significado de una discontinuidad de la estructura espacial con respecto a la organización del espacio.
- Atiende problemas emergentes globales de la envoltura geográfica, entre los que se cuentan: la desertización, la degradación del suelo, el aire, la vegetación o el agua, con cambios en la variación ambiental global, o problemas específicos, como el ascenso del nivel del mar y la disminución de áreas naturales potenciales para la captura de carbono entre otros.

Conceptos de espacio geográfico (EG)

El concepto de espacio geográfico (EG) cambia según las distintas corrientes del conocimiento, de acuerdo con las distintas épocas o según sean las funciones que en el EG se desarrollen (Mateo y Da Silva, 2007). Se puede definir como elterritorio o paisaje social hogar del hombre, en la que su organización y dinámica se

encuentran controlados por las relaciones económicas y sociales, además de la influencia remanente de la huella histórica de otros desarrollos sociales.

El espacio geográfico consiste en un sistema terrestre ligado a la estructura y a las fórmulas del funcionamiento de un paisaje cultural. Visto como relación social se encuentra determinado por la apropiación del espacio ocupado, gestionado, demarcado, administrado territorialmente, construido a través de estructuras de poder político, de control de mercado, de control social a través de preferencias de valores, de cultura y educación, formando territorios o regiones con características socio-culturales, de dominio étnico, patrones de actividad influidos por factores climáticos, fisiográficos, ecológicos y culturales.

Conviene ahora preguntarnos ¿cómo podemos proceder de forma inicial en el análisis de la complejidad espacial?, desechando la separación analítica de ver las cosas y acogiendo el enfoque sistémico de la interrelación ambiental de lo abiótico con el capital natural de lo biótico, incluida la actividad humana.
En este orden de ideas, resulta importante recordar que el sistema es algo más que la suma de sus partes; así, el procedimiento que se propone consiste en medir la pérdida de la naturalidad de la estructura espacial, considerando el gradiente que contrasta el grado de transformación antropogénica a través de la artificialización o antropización del territorio, mediante el proceso de asimilación económica del territorio, ligando los factores y procesos de la dependencia e interrelación, midiendo o percibiendo hasta qué punto el sistema conserva su funcionalidad natural con respecto a otro con una baja o menor funcionalidad, derivado de los procesos de artificialización que obstruyen los flujos que animan la funcionalidad del medio ambiente.

Si nos situamos en el extremo de la escala de mayor dominio antropogénico llegamos al *espacio social urbano,* mismo que para su comprensión se ensambla en una jerarquía de espacios de la gente que transita e interactúa (Figura 1.1).

Análisis espacial

En el espacio geográfico, se llama "estructura" a una unidad funcional y fisonómica que posee una identidad y está localizada; cada estructura está regida y organizada por un sistema.

Cualquiera que sea la naturaleza de los fenómenos analizados, el geógrafo descompone su ámbito en conjuntos homogéneos por su fisonomía o sus funciones; los delimita y observa sus articulaciones e interferencias. Así, en un mismo espacio pueden presentarse diversas estructuras que se manifiestan con distinta

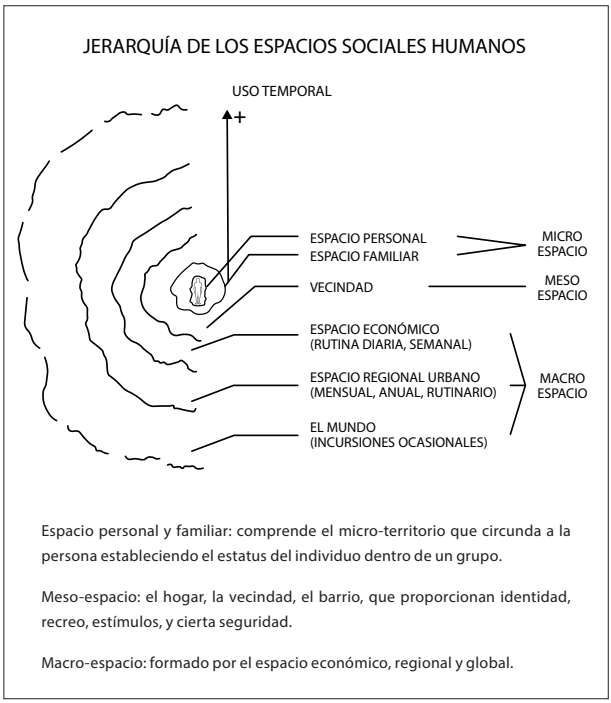


Figura 1.1. Jerarquía de los espacios sociales urbanos. Fuente: Adaptado de Freire (1994) y Lauwe (1995).

fuerza, dependiendo de la naturaleza del elemento que las determine: abiótico, biótico o antrópico.

Lo explicado anteriormente conduce al análisis de los límites. Establecerlos es uno de los problemas más difíciles de la geografía, debido a que todo fenómeno presenta discontinuidades espaciales, y sus límites varían con el tiempo.

Tabla 1.1 Criterios de diferenciación espacial y territorial. Fuente: elaboración propia con base en Mateo (2012).

Diferencia entre unidades espaciales y territoriales	
Unidades espaciales	Unidades territoriales
Informan sobre la homogeneidad	Informan sobre heterogeneidad (por integración de espacios desiguales)
Poco nivel de información	Mayor nivel de información a nivel de territorio
Información poco sistematizada	Información más sistematizada
Información más orientativa	Información menos orientativa

Con fin de entender y conocer objetivamente la realidad de la estructura espacial, se requiere primero tener una idea mínima del papel y la misión de cada uno de los sistemas naturales presentes, porque son estos los que rigen y organizan cada estructura y por esto, previamente, habría que cuestionarse ¿cómo son, con que composición y configuración se expresan?, ¿con que materia y energía se sustentan?, ¿cómo funcionan o trabajan?, ¿cómo se abordan los fenómenos y se lleva a cabo la identificación y la delimitación?, ¿cómo se realimentan o se sostienen los procesos cuando entran en contacto con otras condiciones territoriales?

Leyes y principios de la estructura espacial de la esfera geográfica

Como asienta Iñiguez *et al.* (1991), la envoltura geográfica es, con seguridad, uno de los sistemas más complicados del planeta, pues ve en las relaciones espaciales el objeto de estudio de la geografía, analizando los procesos y fenómenos del funcionamiento a través del soporte de la estructura espacial.

Sobre la superficie de la Tierra recorren una variedad de tipos de energía libre en la que se asocian diferentes formas de organización de la materia, pues de forma simultánea interactúan sustancias en estado sólido, líquido y gaseoso mediante los procesos de absorción, transformación y acumulación de la energía solar, aunado a una compleja interacción de procesos de influencia gravitacional y geostróficos, así como los que tienen lugar en el interior de la Tierra. A esto se añaden las relaciones del hombre y su entorno, con distintas formas de apropiación de los recursos y la transformación del medio.

La esfera geográfica representa la superficie de contacto e interacción de las diferentes geosferas: atmósfera, biosfera, pedósfera, hidrosfera, litosfera y antroposfera (Figura 1.2).

El principio de la existencia objetiva

Las distintas geoesferas presentan características que cambian en función del nivel de estudio u observación debido a la escala de resolución de análisis; así, si se examinan a nivel planetario, las relaciones espaciales tendrían una distribución global. Si se baja la graduación, la observación de la estructura espacial se examina a la escala continental, en donde podremos diferenciar el arreglo por fajas latitudinales (polares, ecuatoriales, templadas, cálido-secas y desérticas, trópico húmedo) que serían las del dominio zonal.

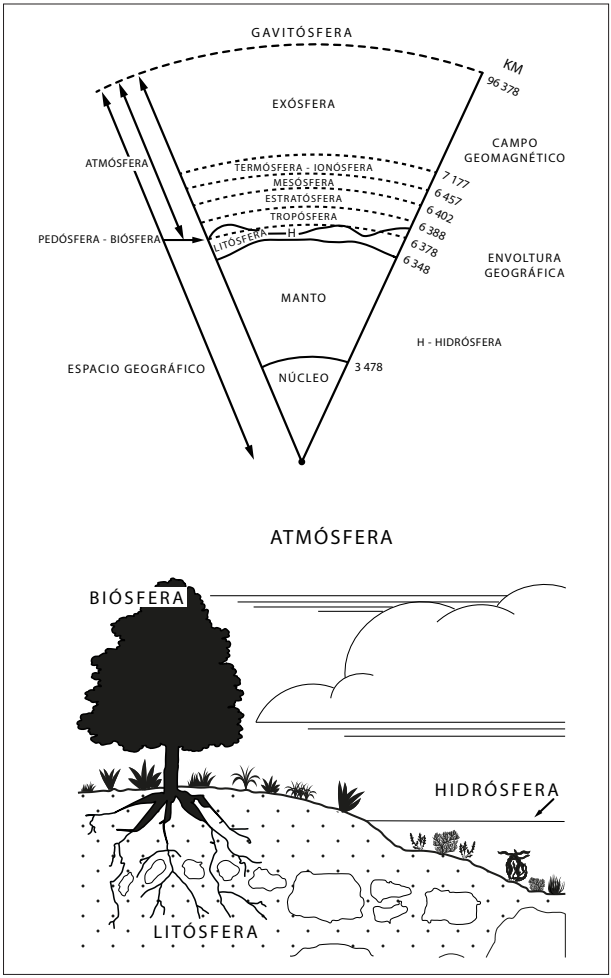


Figura 1.2. Entre la troposfera y la litosfera se combinan las demás envolturas, para la existencia de vida en una película o epidermis muy delgada. Fuente: Modificado de Mateo (1984).

Pero si observamos a nivel sub-continental podemos delimitar regiones con características generales propias del sistema fisiográfico, en la que es posible visualizar el relieve en montañas, colinas y llanuras con los colectores fluviales principales de mayor extensión. Por ejemplo, de acuerdo con el origen del emplazamiento tectónico se puede diferenciar el relieve volcánico reciente de una cuenca geológica sedimentaria, un sistema de plegamientos de un terreno de basamento escudo o plataforma antigua.

Así, se advierte cómo estos espacios se organizan en forma de niveles jerárquicos interdependientes. A fin de definir los sistemas operativos a nivel de

sistemas terrestres, es el paisaje terrestre la escala mínima de representación en donde es posible hacer las ligas con la geología, la geomorfología, la pedología, la hidrología y la climatología. Así, la existencia objetiva del paisaje terrestre se centra en conocer la unidad de condiciones específicas para el surgimiento y difusión de la vida (ecosistemas) con diversas manifestaciones, en función de los variados ambientes de la Tierra (Figura 1.3).

Funciones principales del paisaje

De acuerdo con De Groot (1992), Pires (1993) y Belem y Nucci (2011), la estructura territorial del paisaje puede verse a través de cinco funciones principales del paisaje:

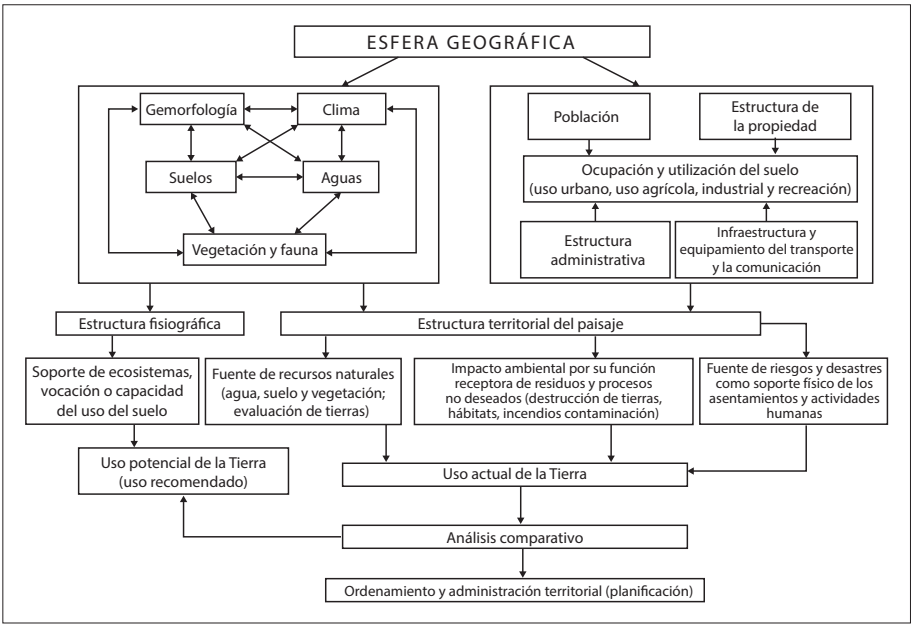


Figura 1.3. La estructura y contenido del paisaje. Fuente: Peña (1978).

- Capacidad de soporte (o de carga). Es la función que proporciona espacios que sustenten las prácticas socioeconómicas. Ejemplo en la costa: turismo, actividades portuarias y actividades petroleras.
- Capacidad de regulación. Es la función del paisaje natural o seminatural para regular los procesos geoecológicos que son esenciales para dar soporte a la vida, manteniendo estables los elementos abióticos y bióticos. Por ejemplo, en la costa, la regulación del flujo de materia-energía en sentido vertical y horizontal que se suministra en el sistema deltaico-estuarino, en un sistema cárstico, de glaciares, de una vertiente.
- Capacidad de producción. Esta provee del material genético encargado de dar soporte a la estructura del paisaje natural o seminatural. Ejemplo en la costa: esteros y humedales, una llanura acumulativa de campos de dunas, valles bajos de selva tropical, tierras agrícolas de regadío.
- Capacidad de información. Los sistemas existen para algo. Así, a los sistemas naturales se les atribuye un propósito u objetivo para desempeñar una función. Esta contribuye al intercambio de materia, energía e información que garantizan la dinámica de los procesos en la estructura espacial y con esto la existencia de vida; ejemplo de ello puede ser la humedad del rocío en el bosque de niebla, la formación de suelos, la polinización, la sedimentación.
- Capacidad de regeneración autónoma. Se refiere al atributo sistémico de habilidad determinado por la resiliencia del paisaje para recuperar el potencial y el cumplimiento de las funciones productivas. Es una propiedad de la elasticidad para amortiguar, resistir, cambios y mantener la estabilidad.

La esfera geográfica se constituye como la zona de interacción de la atmosfera, la biosfera, la pedósfera, la hidrosfera, la litosfera y la antroposfera (envoltura de paisajes), como capas de contacto favorable para la existencia y desarrollo de la vida en todas sus manifestaciones. Y, desde luego, sujeta a una serie de leyes o regularidades propias del sistema natural, de las cuales, de acuerdo con Neef (1967), Kalesnik (1970), Iñiguez *et al*. (1991) y Mateo (2000), se desprenden los siguientes planteamientos en el estudio de la estructura espacial de la esfera geográfica:

a. El principio de la existencia objetiva

Las formaciones, los objetos, los arreglos, patrones, procesos y situaciones o ámbitos geográficos, solo son comprensibles en su manifestación en el espacio y tiempo. Ambos forman la realidad objetiva y tangible de la Tierra.

b. Situación espacial

Todos los fenómenos y objetos geográficos se manifiestan con una demarcación espacial; es decir, se hallan limitados dentro cierta localidad geográfica, y se examinan y se descifran al ir revelando su situación, disposición y exposición. Constituyen el punto de referencia inicial con relación a la liga que se establece con los mosaicos vecinos y con los distantes.

c. Factores de vecindad

Determinan el sello distintivo de su propia individualidad o singularidad. *Localización* constituye un axioma corológico, donde cualquier hecho geográfico tiene una ubicación geográfica que está definida por su posición, pero, en especial, por las relaciones. *No existe espacio alguno en la realidad geográfica que no esté sujeto a las propiedades, atributos, características, cualidades de su posición geográfica o de sus relaciones posicionales* (deposicionales con los sitios y regiones vecinas, "todas

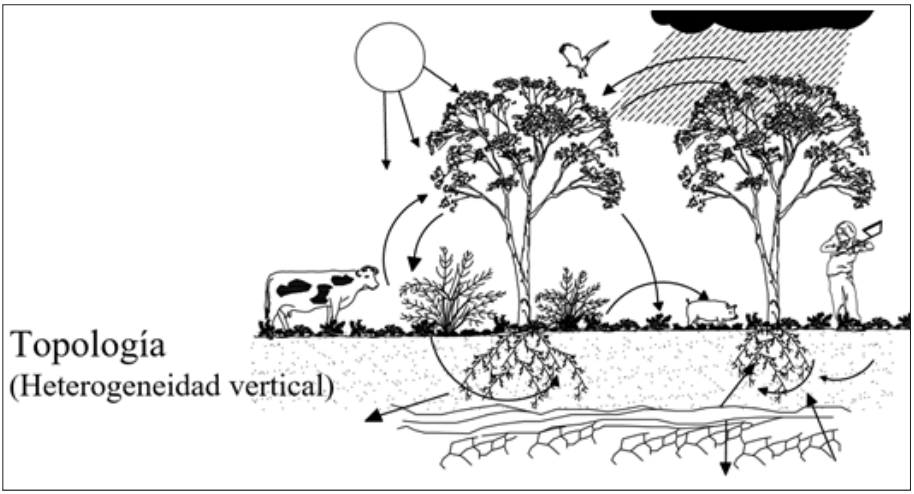


Figura 1.4. La localidad se examina y se descifra al ir revelando su situación y su ubicación con respecto a los vecinos cercanos y más lejanos. Fuente: elaboración propia con base en Odum (1991).

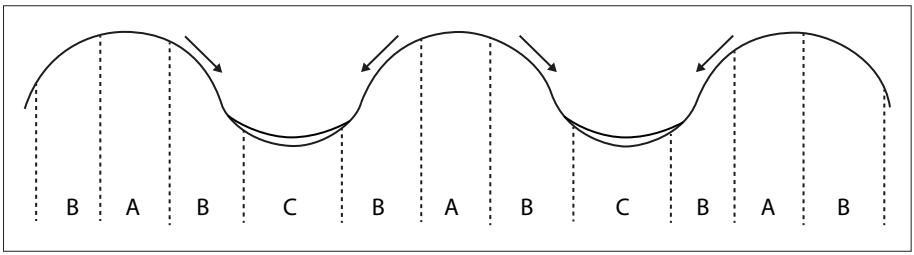


Figura 1.5. Relaciones posicionales de adyacencia y de liga con los vecinos, en donde "A" representa sistemas de cimas (de función emisora), "B" sistemas de laderas (de función de transporte) y "C" valles (de función receptora). Fuente: elaboración propia con base en García (2001).

las cosas están relacionadas entre sí, pero las cosas más próximas en el espacio tienen una relación mayor que las distantes" (Figuras 1.4 y 1.5).

d. Continuo geográfico

Todas las características o arreglos geográficos y todas las unidades regionales de la Tierra son, en última instancia, entendibles dentro del contexto total del planeta. No existe parte alguna de la Tierra que no sea dependiente de alguna manera de las relaciones globales del planeta.

e. Límites de contacto geográfico

La estructura espacial (determinado arreglo fisiográfico) se caracteriza a través de la diferenciación de mosaicos por medio *de límites objetivos*. *Todos los límites espaciales son de contacto, es decir, son de relación o liga, y por ende, no separan partes independientes de la superficie terrestre.* Los contactos de los límites forman franjas con gradientes de cambio de distinta naturaleza o atributo.

f. Ley de la integridad de la envoltura geográfica

Es una regularidad específica constituida por la ley de la unidad del sistema material y de interrelación de los fenómenos. Cada una de las esferas se desarrollan de acuerdo con sus propias leyes, pero ninguno de los componentes existe y se desarrolla de forma aislada, toda vez que la interacción, a través de interconexión, forma parte de un mismo sistema material, en donde cada parte influye sobre las restantes (sistémico). De esta manera, se reconoce el principio del axioma planetario y su ocurrencia en la superficie de la Tierra, en donde cualquier hecho geográfico es de una u otra manera dependiente de la esfera geográfica como unidad.

La integridad sistémica se funda en el constante intercambio de sustancias y energía entre los componentes del sistema, lo cual se manifiesta en que cualquier cambio de un componente de la esfera produce un cambio en los restantes componentes y del sistema como un todo (Odum y Ardining, (1991); Jiménez (2008).

g. Axioma paisajístico

En cualquier punto de la superficie terrestre, los elementos, los componentes y factores que resulten de la distribución espacial, se encuentran ensamblados en arreglos y patrones interconectados, ligados por la interdependencia del traslado de materia y energía. De esta manera, cada unidad natural tiene un arreglo de disposición y orientación común que afecta a toda el área; es decir, tiene un gradiente y pertenece o forma parte de un estilo morfo-tectónico y de un modelado morfo-climático e hidrográfico determinado.

h. Leyes de funcionamiento y circulación de sustancias y energía

Son determinadas por el hecho de que la envoltura geográfica pertenece a un sistema abierto que se caracteriza por el intercambio y transformación de energía y sustancias, tanto entre sus partes componentes y con otros sistemas, como pueden ser la estructura interna de la Tierra y el cosmos, entre otros macro y microsistemas.

Como se sabe, la Tierra tiene diferentes fuentes de energía; la más significativa es la que proviene del Sol; y, en menor proporción, se encuentra la de origen endógeno, la gravitacional y la biogénica.

La radiación solar al llegar a la Tierra experimenta una transformación en forma de energía calorífica para garantizar los procesos que se presentan en la envoltura, como ocurre con las corrientes oceánicas, la acción del viento, la fusión de los hielos, los huracanes, tornados y el termoclastismo, entre otras. De esta misma manera, la captación de energía solar se acumula, proceso que ha ocurrido desde que se formó el planeta, hace unos cuatro mil quinientos millones de años en forma de combustibles fósiles como carbón, petróleo, gas natural, los cuales, a su vez, derivan y constituyen fuentes de energías tradicionales que han acompañado al hombre en sus actividades. Finalmente, esta energía regresa al cosmos bajo la forma de irradiación de calor, y así se establece un intercambio de energía entre el cosmos, la esfera geográfica y las capas de la Tierra.

Desde el punto de vista de la circulación de sustancias y energía, la envoltura de paisajes se encuentra en un estado de equilibrio dinámico, es decir, el proceso de intercambio y transformación de la energía solar se encuentra en balance hasta cierto punto. Se debe recordar que parte de la energía es consumida y con-

servada por los organismos, y otra se acumula en las sustancias minerales de la Tierra.

En la naturaleza, el intercambio y el movimiento de sustancias tienen una diversidad de manifestaciones, como es el ciclo hidrológico, el ciclo del carbón y otros biogeoquímicos, ciclos biológicos, ciclos orogénicos, ciclos climáticos de glaciación, ciclos pluviales y de sequía, ciclo de las rocas, el ciclo de las estaciones del año, además de otro ciclos más pequeños y parciales, de procesos simples o complejos en función del número de elementos y pasos o fases que intervienen.

El interés geográfico del funcionamiento se debe a las consecuencias de los procesos adversos que se contraponen a los propios mecanismos de transmisión y transformación de la materia y energía, porque estos últimos son los mecanismos que aseguran la existencia de un sistema natural tan complejo como la esfera geográfica.

i. Leyes de ritmo y desarrollo de la esfera geográfica

Se estructuran bajo un esquema de axioma corológico, en el sentido de que todos los mosaicos espaciales están sometidos y resultan del desarrollo de sus elementos y componentes en el tiempo. Al igual que el de cualquier otro sistema material, han sido resultado de la lucha de contrarios como sistema dialéctico, concepto de vital importancia en el entendimiento evolutivo de la superficie terrestre.

El paisaje es producto de la historia de una compleja cadena de cambios cíclicos y dirigidos que se manifiesta en las contradicciones entre el mundo biótico y el abiótico, entre lo endógeno y los procesos exógenos, y en el estado medio del clima entre los periodos de sequía y de humedad. Por esta razón, el desarrollo evolutivo ha tenido un carácter acumulativo y progresivo; no es perfectamente gradual, sino que se da a través de cambios bruscos, en forma de saltos, en donde se han superpuesto los cambios cíclicos de secuencias, con un principio, una duración, y el fin de un evento, que varía de un lugar a otro.

Habrá de razonarse que la duración de un evento o fenómeno determinado no conserva las mismas propiedades o características a lo largo de un vasto territorio debido a que esto implica y exige que las condiciones del medio sean uniformes, lo que muy rara vez resulta observable en un mismo momento. Se yuxtaponen de forma desfasada o diacrónica las historias de espacios regionales y locales, en donde se vinculan los distintos ritmos de intensidad y duración. Este sistema de ritmos consta de variaciones cíclicas, de las cuales varias se interrumpen marcando regresiones abruptas. En el momento de estos regresos aparecen las discontinuidades, dentro de una lógica de inestabilidad de factores, lo que modifica el desarrollo evolutivo de forma cíclica, como un aparente mecanismo

de defensa en el sentido de que cada fenómeno que se repite en una secuencia rítmica se diferencia en algo del anterior, o de lo contrario, no sería posible el desarrollo de la evolución. Los ritmos no existen de forma aislada en cada uno de los componentes de la esfera geográfica, al contrario, forman un sistema diferenciado que manifiesta cambios con diferentes ritmos: diarios, estacionales, seculares (miles, decenas, centenas de miles de años) y geológicos (millones de años). Todos en conjunto dan lugar a la superposición e interferencia de carácter dialéctico.

La importancia del conocimiento de las regularidades y ritmo de la esfera de los paisajes estriba en determinar los cambios y tendencias que pueden ocurrir en el curso natural de la evolución de los paisajes.

j. Leyes de la diferenciación espacial y territorial

Son las que determinan la diversidad de mosaicos de la envoltura geográfica en complejos naturales y subsistemas de diferente orden, estructura y complejidad. Condicionan patrones distintos de arreglo fisiográfico, variando por la naturaleza de las sustancias, el funcionamiento dinámico-evolutivo según la zonalidad y la azonalidad del mosaico de paisajes.

k. Funcionamiento dinámico-evolutivo según la zonalidad y la azonalidad del mosaico de paisajes

Existen diferentes tipos de territorios definidos por gradientes y constantes que se relacionan con la latitud, la altitud y por las características orogénicas; conforme a lo anterior, se distingue la zonación con las siguientes categorías:

- Latitudinal: condicionada por el incremento de la radiación solar de las altas a las bajas latitudes que da lugar a la formación de fajas geográficas de carácter climático (Figura 1.6).
- Hidro-térmica: determinada por las irregularidades del balance de calor y humedad hacia el interior de las fajas, lo que condiciona la existencia de zonas geográficas distintivas, incluidas las porciones internas secas por influencia de la continentalidad o las de zonalidad meridional determinadas por la aproximación o acercamiento con las masa oceánicas.
- Orogenética: en las cuales las irregularidades del relieve desempeñan el papel más significativo a través de subtipos de zonación:
- Altitudinal: producida por los cambios de altura absoluta de los territorios, la cual se expresa mediante la existencia de fajas de zonas altitudinales, sobre las cuales, de acuerdo con la variación climática derivada

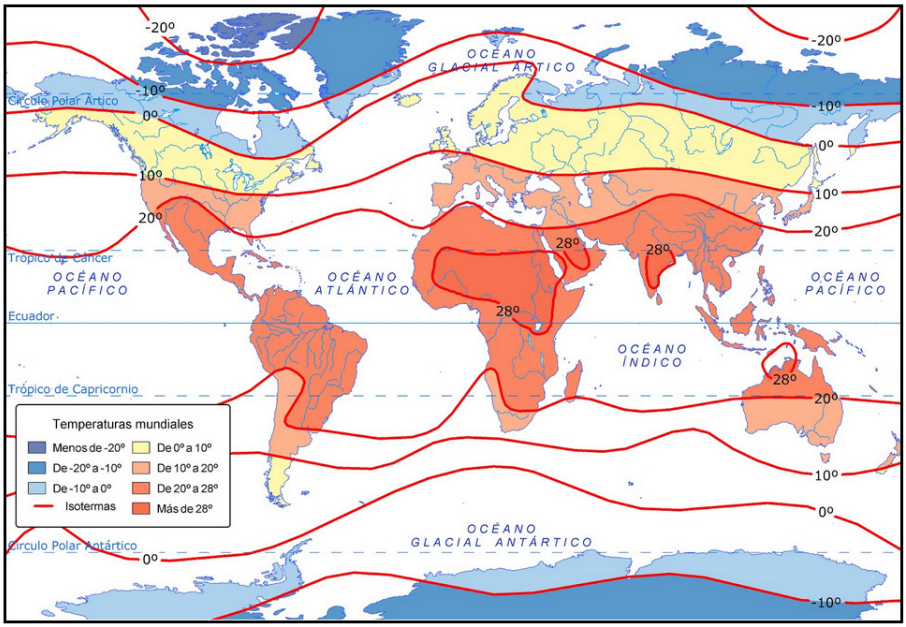


Figura 1.6. Zonación de fajas climáticas basadas en la temperatura. Fuente: 2bp.blogspot.com; consultado en marzo de 2017.

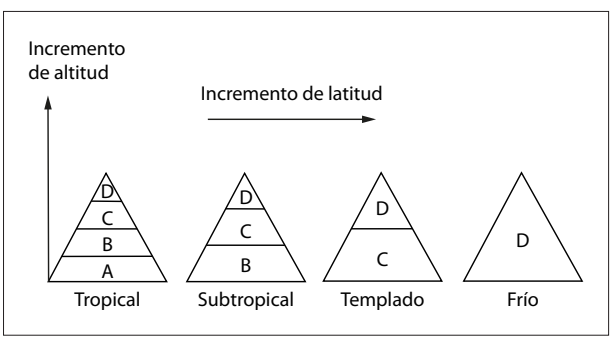


Figura 1.7. Liga entre la altitud y la latitud en el incremento de ambientes bioclimáticos hacia las latitudes bajas o decremento de la diversidad hacia las latitudes frías. Fuente: modificada de Mateo (1991).

de la exposición, orientación y disposición, se estable un nuevo balance térmico e hídrico a zonificarse (Figura 1.7).

- Oceánica: determinada por la zonación vertical de la profundidad batimétrica; se manifiesta condicionada por las irregularidades del relieve de estos sistemas.

- De exposición: resulta de las diferencias de exposición solar en el impulso del movimiento de las masas de aire que determinan diferencias hidrotérmicas que se reflejan en la existencia de variaciones con manifestación de fajas. Un ejemplo vivo son las brisas de montaña, viento de Föhn, brisas de mar a tierra, entre otros (Figura 1.8 y 1.9).

Vínculo y convergencia entre la ecología y la geografía

La primera parte del proceso de ordenamiento ecológico consiste en definir unidades del paisaje, de las cuales se obtiene un diagnóstico del estado natural que

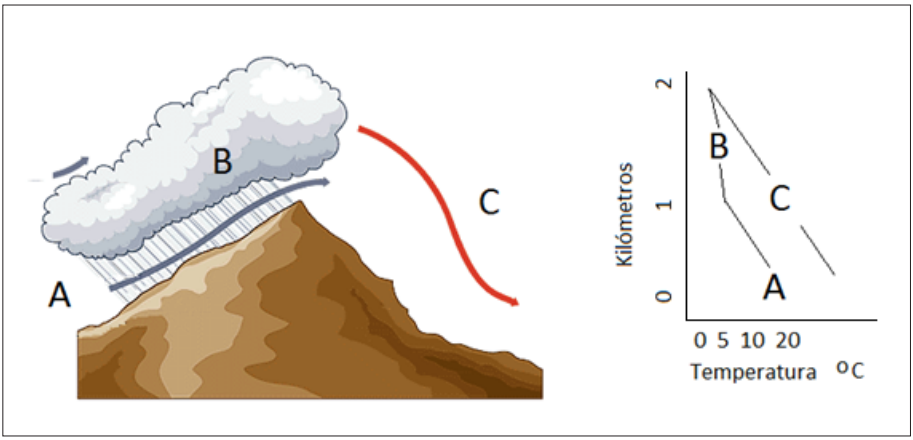


Figura 1.8. Micro-zonación de vertientes referidas a los cambios de condiciones entre unidades naturales de relieve (nivel de cumbres ladera alta, media y baja) dando lugar a unidades locales del paisaje. Fuente: modificada de 4.bp.blogspot.com; consultado en marzo de 2017.

Figura 1.9. Diferenciación espacial de unidades territoriales derivadas de la oblicuidad de radiación solar. Fuente: modificado de Strahler (1984).

poseen, y se valoran tanto las potencialidades como las limitaciones, para luego pasar a una prospección o estudio de las posibilidades futuras mediante proyección de escenarios, a fin de desembocar en la etapa final propositiva con la formulación de acciones y su implementación operativa.

La delimitación, desde el punto de vista del enfoque ecológico, se contempla como un cuerpo teórico funcional de los ecosistemas, de estructura coherente, ligados a los flujos de materia y energía, cuyo universo de estudio se sujeta a los procesos gravitacionales y de energía solar (Vargas 1993).

La ecología, como cuerpo inherente a la biología, estudia las relaciones de los organismos con su medio, animado o no; analiza las funciones vitales en su medio natural o lugar de los distintos biótopos y de biocenosis (Sagredo, 1975).

En este caso, la biocenosis se puede conceptualizar como la comunidad de seres vivos dentro de un mismo biotopo, cuyos miembros constituyen en dependencia mutua un equilibrio biológico; toda vez que el biótopo se considera como el espacio vital característico de determinados animales y plantas, el lugar que favorece una determinada comunidad de vida (Sagredo, 1975).

El biótopo más la biocenosis constituyen la unidad de los estudios ecológicos, el ecosistema (Hurtubia, 1980).

En este orden de ideas, Eugene Odum (1971) explica a la ecología como el estudio de la estructura y función de la naturaleza, entendida esta última como el conjunto de interrelaciones que establecen entre sí los organismos, plantas y animales con el ambiente.

Por otra parte, resulta importante establecer que la funcionalidad del ecosistema carece de límites, todo el sistema es un continuo sin fronteras, en donde, "… el ecosistema no tiene escala, ni soporte espacial definido…" (Vargas 1993). En este sentido, tampoco existe especificidad en el tiempo, es decir, precisión o localización temporal, razón por la cual no tiene una perspectiva histórica a la escala de las actividades y transformaciones humanas del medio natural. De acuerdo con lo anterior, el enfoque ecosistémico resulta carente de una base espacial y objetiva del paisaje, al no estar desarrollado aparentemente en un territorio concreto y delimitable. Y sin contar con un fundamento histórico que da cuenta de las formas de apropiación del capital natural (referidos a los recursos naturales) y de la transformación del paisaje desigual en desequilibrio, en territorios con desventaja social como en oportunidades y con niveles de intervención no ajustados a la potencialidad o sustentabilidad de los ecosistemas.

En tanto el enfoque geográfico se concentra en la estructura del espacio, en la organización de patrones y arreglos de distribución distintiva y tipológica, como producto del análisis de la localización, extensión y distribución (exposi-

ción, disposición de las cosas, seres, aspectos, atributos que dependen o que explican las relaciones entre las relaciones del espacio organizado, a fin de conocer sus causas y leyes que las rigen.

La definición de ecología de Odum restringe sus objetivos con un enfoque más limitado si consideramos otros conceptos con mayor capacidad de integración. Por ejemplo, Krebs (1985) retoma la definición de Andrewartha (1981) y la adapta con un mayor alcance de la forma siguiente: "La Ecología es el estudio científico de las interacciones que regulan la distribución y la abundancia de organismos". El cuestionamiento en este caso, sería ¿cuál es la diferencia con el estudio de la biogeografía?, cuyo campo es el estudio de la distribución de los seres vivos en la superficie del globo y las causas que rigen esa distribución. Como señala Haro (1983): "La Biogeografía es, pues, un área común entre la Ecología y Geografía".

De acuerdo con Hurtubia (1980), es difícil encontrar una definición de ecología que se deslinda de otras disciplinas, que sea aceptable y aplicable dentro de todos los contextos. Al respecto, ampliando la definición de Jordan (1975), en (Hurtubia, 1980), se puede decir que la ecología es el estudio de los ecosistemas (incluidos el hombre y la sociedad) en su integridad.

De este modo, "… el pensamiento ecológico actual consiste en reconocer y dar un alto valor al principio de las interacciones e interdependencias entre los elementos que se encuentran definiendo una situación o una realidad en un tiempo y espacio determinado... Integrarlo holísticamente con los componentes bio-socio-culturales que caracterizan a las sociedades humanas". Hurtubia (1980), comenta "… si aceptamos este razonamiento en el pensamiento ecológico, se sobrepasan los límites mismos y los alcances de la ecología clásica y la transforma en una nueva ciencia transdisciplinaria, en un vínculo entre las ciencias sociales y las ciencias naturales…"

Asimismo, este autor asienta que: "El concepto de ecosistema y el enfoque holístico serán sus principales instrumentos para explicitar las complejas relacionadas e interacciones que se establecen entre población, recursos, medio ambiente y desarrollo". Una vez más, como ya se ha señalado, existe la convergencia del papel de la ecología con la geografía; toda vez que, en esencia, no difieren en los objetivos de la clásica geografía regional, e incluso de la geografía con un enfoque en la percepción (imagen del paisaje natural y cultural), sustentada estrechamente a partir de los valores del hombre (conocimiento y cultura) con el manejo del espacio a través de juicios de valor. De este modo, el nivel de conocimiento o preparación de las comunidades humanas y la identidad de pertenencia cultural de usos y costumbres deciden las relaciones de contacto con el medio ambiente y la configuración del ensamble fisiográfico.

Sin embargo, como advierte Haro (1983), "No basta saber las posibilidades del espacio, sino que es preciso conocer la idea que una colectividad se hace de ese espacio"; no obstante, si se considera el proceso continuo de transformación del medio y la modificación de la estructura del espacio, ligada a la complejidad económica, a la desventaja social y con espacios de poder político desiguales y encontrados, se requiere desarrollar un quehacer mucho más amplio, con otros métodos y procedimientos, determinado por los desafíos de enormes desequilibrios, con una honda problemática que sale y rebasa los confines de los objetivos primordiales y originales de la ecología, pues, hay que recordar, que se haya fundamentada en considerar la noción de comunidad sostenible de acuerdo con los principios de organización de los ecosistemas naturales, sin interferir en la capacidad de la naturaleza de mantener la vida, y basada en la teoría de los seres vivos, es decir, con un profundo enfoque biológico.

De esta manera, el conflicto entre el hombre y su espacio se inserta en el tratamiento de la geografía con un enfoque "radical y crítico", como afirma Lacoste (1978; cfr. Haro, 1983); el saber espacial es un saber estratégico, un saber social, y no solo un campo de experimentaciones analíticas o formalizaciones geométricas".

Siguiendo con la orientación de esta corriente y el reconocimiento a la obra "La Geografía Crítica Radical", Haro (1983) afirma que el espacio es el fundamento incuestionable de la ciencia geográfica y que la transformación debe ser abordada desde una óptica interdisciplinar con la participación de la política económica, la sociología, la antropología. Bajo este tenor de ideas, los planteamientos geográficos referidos al espacio deben basarse, ante todo, en la estructura económica, sin desligarse de la pretendida neutralidad y apoliticidad. Esto porque se consideró que la geografía es el arma y el instrumento para la transformación social, comprometida con el cambio social y político (Mateo, 2012).

Aquí, el espacio geográfico es un simple reflejo de las relaciones capitalistas del proceso de producción del espacio. Con ello, en esencia, se desvaloriza la noción de naturaleza, considerada como un objeto domeñable por la sociedad. Desde luego, esto impide constituir un elemento protagónico del pensamiento ambientalista y sostenibilista (Mateo, 2012).

El enfoque geográfico pone de relieve la trascendencia política de los análisis espaciales y a esa línea se atribuye el interés que políticos, militares, grupos étnicos característicos y raciales, inversionistas, caciques, carteles del crimen organizado, lugares y rutas de trasiego de la droga, corredores de migrantes y hasta espacios de autoridad de intereses religiosos, estrategas en geopolítica, el gran capital sobre los espacios de mercado y producción, en aras de conseguir el dominio del espacio.

En síntesis, la evaluación ambiental del medio se abordará por medio del análisis funcional del territorio con las bases del conocimiento de la ecología del paisaje.

Capítulo 2. Modelos como sistemas fisiográficos-geomorfológicos

Prólogo

Inspirado en los trabajos de Hack (1960), Chorley (1962), Howard (1965), Bertalanffy (1976), Strahler (1984) y Morisawa y Clayton (1985), entre otros, en este capítulo el autor aborda el estudio y el análisis de los modelos físicos geográficos y geomorfológicos como base elemental para el análisis de la superficie terrestre; presenta las características particulares de lo que ha denominado como los sistemas terrestres, y como su nombre lo indica, correlaciona a la Teoría general de sistema y los sistemas fisiográficos y geomorfológicos que dominan a los territorios.

De acuerdo con ello, refiere aspectos fundamentales, como la estructura de los sistemas, los niveles de organización y los atributos de las estructuras, así como la clasificación de los sistemas terrestres.

Por otra parte, establece las relaciones entre los procesos y las respuestas que se encuentran al interior de los sistemas naturales y cómo se desarrolla el proceso de realimentación positiva o negativa.

Introducción

La noción de paradigma es entendida como una connotación científica universal reconocida, que se emplea en la ciencia para proporcionar modelos conceptuales a problemas y soluciones. De esta forma, las notas de estos apuntes exponen una relación concatenada de los sistemas en geografía física, ligados a los problemas de mayor significado, vistos en la perspectiva actual como algo lógico, producto de la madurez y crecimiento acumulado de esta disciplina, que en su evolución permite un proceso de sucesión del conocimiento más fructífero, con características y metas, y cuya misión y desempeño sea menos reduccionista y más acabado, sin perder integridad ni capacidad de síntesis.

Llevar a cabo esta idea no es nada fácil, y materializarla en la práctica es casi imposible si se consideran los vacíos metodológicos y el subdesarrollo en el uso de las técnicas eficientes para establecer, con sustento, el conocimiento de una forma comprensible y asimilable.

Habrá que sumar y considerar la diversidad, heterogeneidad y complejidad de la película de la superficie terrestre para entender que solo cubrimos parte del camino de la aproximación científica, aceptando que, en un momento dado, los señalamientos vertidos aquí solo son vigentes por un tiempo determinado, hasta lograr un proceso de sustitución de paradigmas por otros emergentes, de acuerdo con el avance en el desarrollo del conocimiento.

La contribución de los presentes apuntes, derivados de la consulta de obras de destacados especialistas, la mayoría en el ámbito geocientífico, y de la propia experiencia académica del autor, contribuirá sin dudas al enriquecimiento de la docencia universitaria y de posgrado de la Universidad Nacional.

Los sistemas terrestres

La geomorfología es la disciplina que estudia las formas del relieve. Estas representan la expresión espacial de una superficie y comprende las diferentes configuraciones del paisaje geomorfológico. Ellas constituyen uno de los objetos de estudio de la geomorfología. En este sentido, si las formas existen es porque fueron esculpidas o acumuladas por la acción de un determinado proceso o grupo de procesos.

Un proceso se define como una secuencia de acciones regulares y continuas que se desenvuelven de manera específica y con un resultado determinado. De esa manera, existe un haz de relaciones muy grande entre las formas y los procesos; el estudio de ambos puede ser considerado como el objetivo central de esta rama del conocimiento, como la característica fundamental del sistema geomorfológico.

Las formas, los procesos y sus relaciones constituyen un sistema geomorfológico que es abierto, pues recibe influencias y también actúa sobre otros sistemas componentes de su universo. Es por ello que son numerosas las fuentes de energía que determinan los procesos geomorfológicos y las formas del relieve (Figura 2.1 y 2.2).

El análisis de las formas y de los procesos proporcionan conocimientos sobre los aspectos y la dinámica de la topografía actual, sobre las diversas condiciones climáticas, posibilitando comprender las formas esculpidas por las fuerzas destructivas y las originadas en los ambientes deposicionales. En el transcurrir

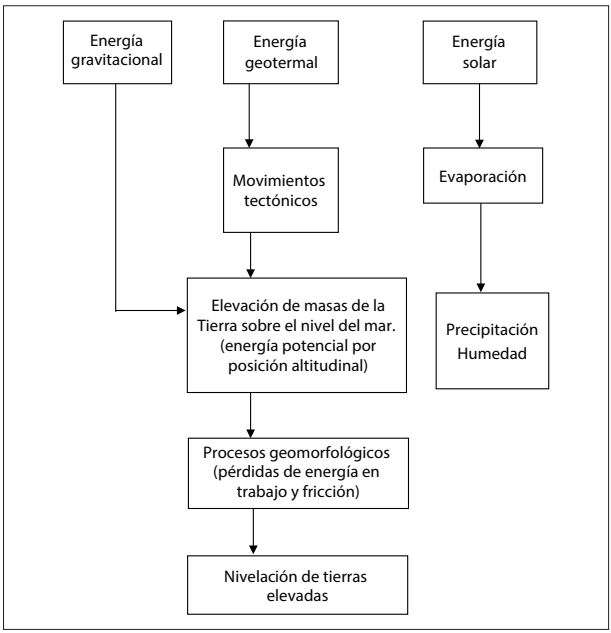


Figura 2.1. Relaciones entre las fuentes de energía y los procesos geomorfológicos. Fuente: modificada de Embleton y Thornes (1979).

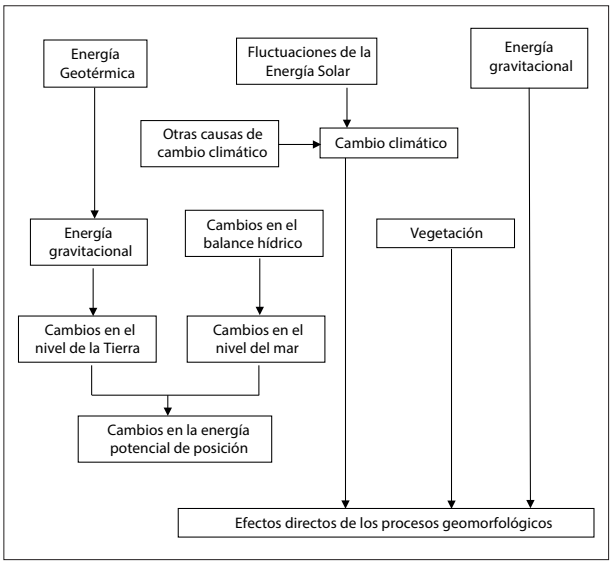


Figura 2.2. Relaciones entre las fuentes de energía y los procesos geomorfológicos. Fuente: modificada de Embleton y Thornes (1979).

del tiempo geológico, muchas topografías fueron elaboradas y destruidas por la erosión o por el recubrimiento sedimentario. Los depósitos sedimentarios son importantes fuentes de información, ya que permiten interpretar los procesos pasados y las condiciones ambientales reinantes en épocas pretéritas. La interpretación de las secuencias de depósitos permite conocer el conjunto de cambios de las condiciones ambientales, descifrando la evolución de la historia natural regional.

La Teoría General de Sistema (TGS) y los sistemas fisiográficos-geomorfológicos

En principio, el sistema puede ser definido como un conjunto de elementos y de las relaciones entre ellos, así como entre sus propiedades o atributos. La aplicación de la Teoría de sistemas en geomorfología fue introducida por Strahler (1950, 1952) y, posteriormente ampliada y discutida con las contribuciones de Hack (1960), Chorley (1962), Howard (1965), Selvy *et al.* (1982) y Slaymaker *et al.* (1999), que resultan ser los trabajos básicos en esta dirección.

De acuerdo con lo expuesto por Von Bertalanffy (1976), un sistema puede ser definido como un complejo de elementos interactuantes. Interacción significa que elementos "P" están en relaciones "R", de tal forma que el comportamiento de un elemento "P" en "R" es diferente de su comportamiento en otra relación "R". Si los distintos comportamientos en "R" y "R" no difieren, no hay interacción, y los elementos "P" se comportan independientemente con respecto a las reacciones. En resumen, los sistemas tienen su propia dinámica.

El sistema es abierto cuando intercambia material y energía con el medio circundante, importando y exportando, en donde existe constitución y degradación de sus componentes materiales. Por tanto, es algo más que un conjunto de elementos con atributos que varían en el marco de un conjunto de relaciones entre atributos (propiedades) y entre estos atributos y su entorno, articulados de modo que puedan utilizar una fuente de energía para producir trabajo.

Los postulados de la TGS que plantea Von Bertalanffy (1976, en Sanz Tablero, 1999) son:

- Todo es un sistema
- Todo forma parte de otro sistema
- Todo está infinitamente sistematizado

Cuando se conceptúan los fenómenos como sistemas, una de las principales atribuciones y dificultades se encuentra en identificar los elementos, atributos y las relaciones, a fin de definir con claridad la extensión alcanzada por el sistema en un punto y momento dados.

Prácticamente la totalidad de los sistemas que interesan al geógrafo no actúan de modo aislado. En efecto, funciona dentro de un ambiente que es parte de un sistema mayor o conjunto mayor. En ese conjunto se encuentra circunscrito el sistema particular que se está estudiando. Puede ser denominado universo, el cual comprende el mayor conjunto de todos los fenómenos y eventos, que a través de sus cambios y dinamismo presentan repercusiones en el sistema, toda vez que todos los fenómenos y eventos sufren alteraciones y cambios por causas del comportamiento del referido sistema particular.

Dentro del universo de la envoltura geográfica, y a fin de realizar una clasificación, se pueden considerar a los primeros como sistemas antecedentes y a los segundos como sistemas subsecuentes. Entre tanto, no se debe pensar que exista un encadenamiento lineal secuencial. A través de los mecanismos de retroalimentación (*feedback*) los sistemas subsecuentes vuelven a ejercer influencias sobre los antecedentes en una perfecta interacción entre toda la esfera geográfica.

Composición funcional de los sistemas

Varios aspectos importantes deben ser abordados para comprender la complejidad funcional de los sistemas, como es la materia, la energía y la estructura.

La materia corresponde al material que va a ser movilizado a través del sistema. Por ejemplo, en el sistema hidrográfico la materia está representada por el agua y los sedimentos; en el sistema hidrológico, por el agua en sus varios estados; en el sistema vertiente, las fuentes primarias de materia son la precipitación, la roca subyacente, los suelos y la vegetación.

La energía corresponde a las fuerzas que hacen funcionar al sistema, generando la capacidad de realizar trabajo. En lo tocante a la energía se debe hacer la distinción entre energía potencial y la energía cinética. La energía potencial está representada por la fuerza inicial que lleva al funcionamiento del sistema; la gravedad funciona como energía potencial para el sistema hidrográfico y para los sistemas morfogenéticos. Ella, entonces, desencadena la movilización del material y será mayor, en cuanto es más acentuada la amplitud altimétrica (Figura 2.3).

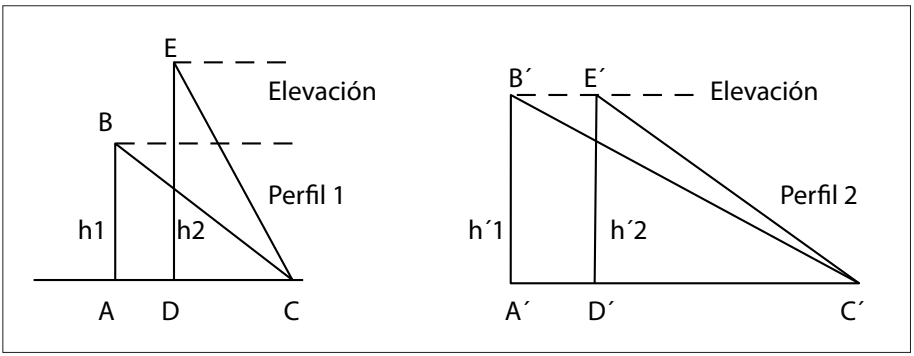


Figura 2.3. Ejemplo de los perfiles idealizados de dos ríos ligados a la relación con la energía potencial. En (a) dos ríos con igual longitud, pero con diferentes elevaciones, en dónde, BC=EC, h2>h1. La energía total del Perfil 2 es mayor que en el Perfil 1. En (b) los perfiles de dos ríos con la misma elevación, pero con diferente longitud, en los cuales B'C'>E'C', h1'=h2', pero el Perfil 2 adquiere mayor energía total que el Perfil 1, debido a la posición potencial de mayor declive a la acción gravitatoria. Fuente: Morisawa y Clayton (1985).

Una vez que el material se coloca en movimiento, surge la energía cinética (o la energía del movimiento), cuya propia fuerza se alía a la potencial. Así tiene lugar el escurrimiento de las aguas a lo largo de los ríos, el movimiento de los fragmentos detríticos a lo largo de las vertientes, así como corrientes de deriva litoral paralela a las playas, todos se mueven en razón de la generación de energía cinética.

Es de ocurrencia común que puede ser verificada y transferida la energía de un sistema a otro. Por ejemplo, se reconoce que el viento es el principal factor en el mecanismo de la formación de ondas y representan la transferencia directa de la energía cinética de la atmósfera a la superficie oceánica. No se debe olvidar que la energía total está constituida por la suma entre la energía potencial y la energía cinética.

La estructura del sistema

Está constituida por los elementos fisiográficos/geomorfológicos y sus relaciones espaciales que se expresan a través del arreglo de sus componentes. El elemento es la unidad básica del sistema. El problema de escala es importante cuando se quieren caracterizar los elementos de un determinado sistema. Por ejemplo, un río es el elemento en el sistema hidrográfico, que puede ser concebido como sistema

en sí mismo; la vertiente es el elemento en el sistema de una cuenca de drenaje, más puede ser sistema en sí mismo; un vehículo es el elemento en el sistema de tránsito, pero puede representar un sistema completo en su unidad.

Por tanto, no es útil tratar de abordar cada uno de los factores genéticos del paisaje de forma aislada (enfoque analítico) y de cada uno de los componentes formadores del paisaje (geología, clima, hidrología, suelos, biota, cultura y otros), lo esencial es abordarlos en su conjunto, con el enfoque de sistemas en el que se conecten las interacciones, de acuerdo con la naturaleza de su estatus; es decir, de su situación espacial de acuerdo con la transformación del paisaje, debido a la forma en que se ha hecho la apropiación de recursos, de la carga biológica y de la social a la que ha estado sujeto el sistema.

Niveles de organización de los sistemas

Todo el universo, incluida la Tierra, tiene que integrarse a una estructura jerárquica y conforme a la escala a la que sea analizada. Se debe tener en cuenta que cada sistema pasa a ser un subsistema, porque su contexto forma parte y se deriva de uno mayor que lo sostiene. Se procura analizar el fenómeno o elemento, articulándolo siempre al escalón superior, a una escala mayor. Es por ello que se requiere entonces ubicar los componentes y establecer su estructura de organización; surge así la noción de los modelos compartimentados.

Partiendo de un modelo más simple de sistema abierto, cada compartimento de estos modelos es tratado como recuadro negro, "caja negra" (*black box*), que puede definirse como cualquier unidad cuya función puede ser evaluada sin especificar el contenido. La entrada de energía, material e información (EMI) a la caja negra se absorbe, y mediante combinaciones de procesos es manipulada de manera desconocida, modificándola y transmitiendo hasta lograr otra cosa diferente en su salida (Figura 2.4)

Si se aumenta el nivel de discriminación, es decir, diferenciación con mayor detenimiento y detalle, este compartimiento se divide, separándose en compartimientos que, a su vez, son conocidos como "cajas negras" (*black boxes*). Pero en el siguiente escalón inferior, es decir, en los niveles intermedios de diferenciación o discriminación, el modelo de todo sistema se ha convertido en una visión parcial del mismo, de su estructura, relaciones y procesos, y se les conoce como un modelo de "cajas grises" (*grey boxes*).

Por último, a medida que aumenta el realismo hacia un modelo con mayor integración, la caja gris se convierte en sub-compartimientos y cuando estos

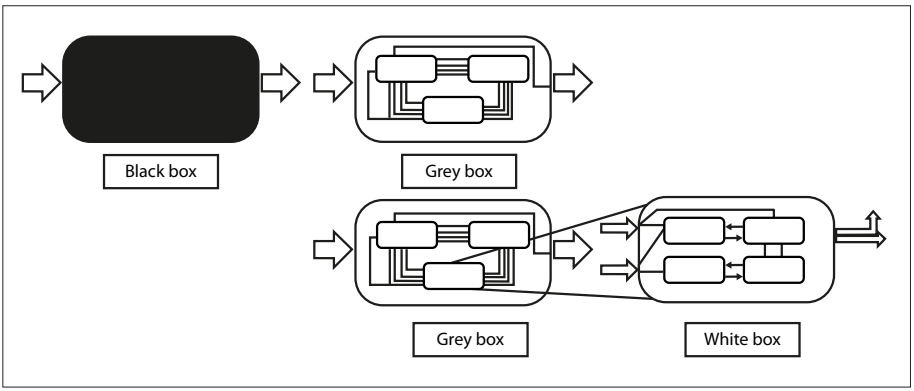


Figura 2.4. Liga en los niveles de organización desde la caja negra (*black*), gris (*grey*) y blanca (*white*). Fuente: modificado de Strahler y Strahler, 1991.

están relacionados, se convierten en subsistemas, en una "caja blanca" (white box) con la mayoría de los elementos, estados, las relaciones y los procesos del sistema.

Principales atributos de estructuras

Algunos de los atributos sistémicos de los territorios que se considera deben ser observados:

- Tamaño: está determinado por el número de variables que lo componen. Cuando el sistema está compuesto por variables que están completamente interrelacionadas, es decir, cada una se relaciona con todas las otras, la complejidad y el tamaño se expresan a través del espacio-fase o número de variables; con dos variables el sistema será de espacio-fase bidimensional; de tres será tridimensional; "n" variables será "n" espacio-fase.
- Grado de correlación: la correlación entre las variables en un sistema se expresa por el modo como las variables se relacionan. El análisis se hace por medio de líneas de regresión, de correlación simple (cuando se relacionan dos variables) y de correlación canónica (cuando se relacionan conjuntos de variables que se analizan de forma simultánea). En la correlación, la fuerza está señalada por el valor de la intensidad. En cuanto al sentido de la dirección, el signo positivo o negativo indicará la dirección en la que ocurre la relación (Figura 2.5).

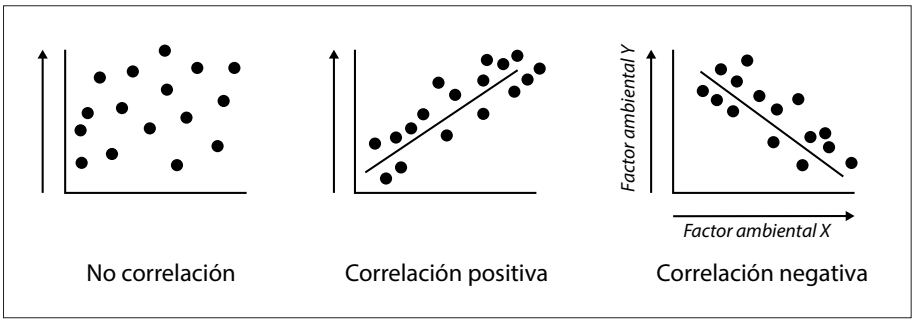


Figura 2.5. Las gráficas de correlación entre variables son fáciles de visualizar al estar usualmente representadas mediante una gráfica cartesiana. Fuente: modificado de Strahler y Strahler (1991).

- Causalidad: la dirección de la causalidad muestra cuál es la variable independiente o la variable que controla, y la dependiente, aquella que está controlada, de modo que la última solo sufre modificaciones si la primera se altera. La distinción entre tales variables aún está en dependencia del buen censo o registro.

Clasificación de los sistemas terrestres

Los sistemas pueden ser clasificados de acuerdo con el criterio funcional o conforme a su complejidad estructural, tomando en consideración el criterio funcional. Algunos autores, como Forster, Rappoport y Trucco (1954), distinguen los siguientes tipos de sistemas:

Sistemas aislados

Son aquellos que, dadas las condiciones iniciales, no sufren ninguna pérdida, ni reciben energía o materia del ambiente que los circunda. No hay interacción a través de las fronteras o límites. En la realidad no existen, estos sistemas son teóricos, solo se originan en los laboratorios. De esta manera, conociendo la cantidad inicial de energía libre y las características de la materia, se puede calcular exactamente la evolución del sistema y cuál es el tiempo que recorrerá hasta su final. Richard Chorley (1962), ha señalado que el concepto davisiano del ciclo de erosión ilustra perfectamente esta perspectiva, pues se inicia con un surgimiento brusco antes de que los procesos tengan tiempo de modificar el paisaje. El ciclo comienza con el máximo de energía libre, debido al resurgimiento y con el trans-

curso del tiempo los procesos van actuando y rebajando el conjunto hasta que alcance el estado final, cuando la energía esté libre y diminuta o mínima, esto es debido a la casi uniformidad del área que fue aplanada en función del nivel base. La perspectiva en los sistemas aislados favorece que los fenómenos sean abordados a través del tratamiento evolutivo e histórico, pues puede predecir el comienzo y la sucesión de etapas hasta su final.

Sistemas no aislados

Mantienen relaciones con los demás sistemas del universo, los cuales pueden ser divididos en cerrados y abiertos.

a. Sistemas cerrados

Cuando hay permuta o intercambio de energía (ganancia y pérdida), más no de materia. La Tierra puede ser considerada como un sistema no aislado, pero sí cerrado, pues recibe energía solar y la pierde por medio de la radiación en las capas estratosféricas, pero no recibe ni pierde materia de otros planetas o astros, a no ser en una proporción insignificante, casi nula. Algunos ejemplos de ello son el ciclo del agua y ciertos ciclos biogeoquímicos, como el del oxígeno.

b. Sistemas abiertos

Son aquellos en los cuales ocurren constantes trueques de energía y materia, tanto recibiendo como perdiendo. Los sistemas abiertos son los más comunes, pudiendo ejemplificarlos una cuenca hidrográfica, una vertiente, un hombre, una ciudad, una industria, un animal, entre otros (Figura 2.6).

c. Sistema abierto en equilibrio dinámico

Por ejemplo, las formas de relieve son el resultado del ajuste entre el comportamiento y el nivel de la resistencia de los materiales litológicos. Todos los elementos que componen un determinado sistema se presentan mutuamente ajustados, modificándose unos con otros. En donde se presentan rocas con mayor resistencia, los declives de las laderas son relativamente más acentuados que las rocas con menor resistencia.

Un tipo de proceso determinado puede llevar a la acumulación de diferentes formaciones o de relieve distinto.

Tomando en consideración la complejidad estructural, Chorley y Kennedy (1971) distinguen diez tipos de sistemas. Entre esas categorías, los que pertenecen

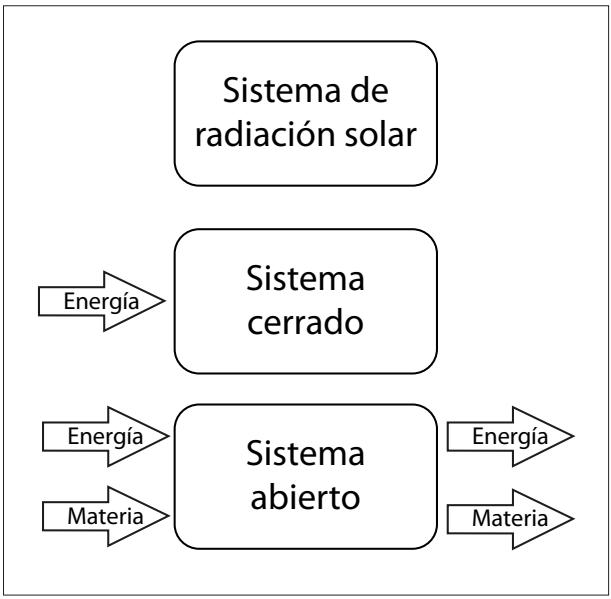


Figura 2.6. Representación de sistemas aislados, cerrados y abiertos. Fuente: Van Gigh (1991).

al ámbito de la fisiografía-geomorfología son los tres primeros, cuyas características son las siguientes:

1. Sistemas morfológicos

Son compuestos solamente por la asociación de propiedades físicas del fenómeno, como la geometría, la composición, etcétera; constituyen los sistemas menos complejos de las estructuras naturales y corresponden a las formas sobre las cuales se pueden escoger diversas variables susceptibles de ser medidas (extensión, altura, anchura, declive, granulometría, densidad y otras). La cohesión y la dirección de relación entre tales variables son reveladas por el análisis de correlación.

Funcionalmente, los sistemas morfológicos pueden ser aislados, cerrados o abiertos. Los que normalmente interesan al geógrafo son los abiertos o cerrados, debido a que muchas de sus propiedades son consideradas como respuestas o ajustes al flujo de energía o materia, a través de los sistemas en secuencia a los cuales están ligados. Por ejemplo, la densidad de la red fluvial del drenaje es una respuesta de la hidrología del área. Las redes de drenaje, las vertientes, las playas, los canales fluviales, las dunas, son ejemplos de sistemas morfológicos en los cuales se pueden distinguir, medir y correlacionar las variables geométricas y las de composición.

2. Sistemas en secuencia

Son compuestos por una cadena de subsistemas, poseedores tanto de dimensión espacial, en cuanto a la localización geográfica, y están dinámicamente relacionadas por una cascada de materia y energía. En esa secuencia, la salida (*output*) de materia o energía de un subsistema se torna en la entrada (*input*) para un subsistema de localización adyacente. Por ejemplo, en la Figura 2.7 se muestra la secuencia entre los subsistemas atmósfera, vertiente, agua subterránea, vegetación, ríos y mar.

Es importante recordar que dentro de cada subsistema debe haber un regulador que trabaje, a fin de repartir la entrada (*input*) de la materia o energía a través de dos caminos: almacenando (o depositando) o conduciendo en tránsito en la travesía entre los subsistemas y cambiando a una salida (*output*) del sistema en cuestión. Por ejemplo, en el subsistema vertiente, el agua recibida puede ser almacenada en los poros y fracturas de las rocas o ser transferida hacia los ríos por escurrimiento superficial o para las aguas subterráneas, en este subsistema el agua puede ser almacenada o ser transferida hacia las plantas y ríos; en el subsistema vegetación, el agua puede ser almacenada en las plantas o ser transferida a la atmósfera a través de la transpiración; en el subsistema fluvial, la carga puede ser almacenada o depositada en el lecho o las márgenes o ser transferida hacia los mares.

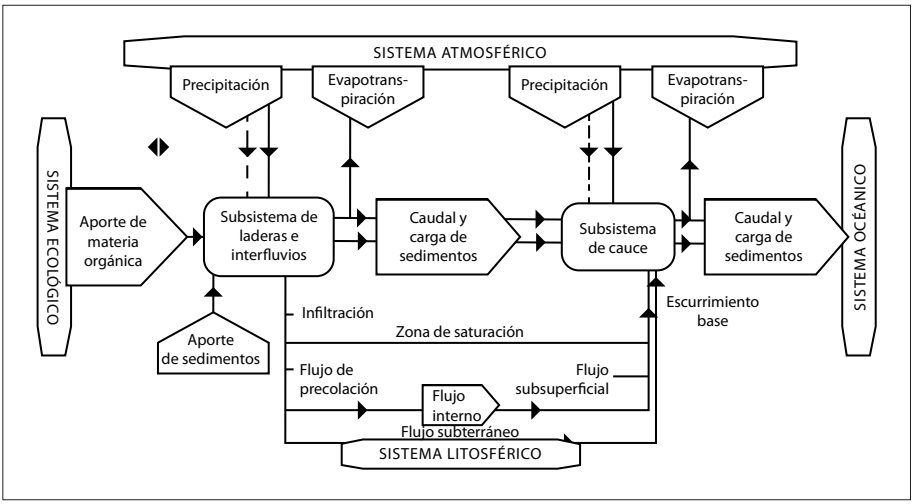


Figura 2.7. Esquema de un sistema en secuencia, exhibe la relación entre varios subsistemas. Fuente: modificado de Chorley y Kennedy (1971).

3. Sistemas de procesos-respuestas

Son formados por la combinación de sistemas morfológicos y sistemas de secuencia. Los sistemas en secuencia indican las fases del proceso, en cuanto a lo morfológico son los que representa la morfología (las formas) como la respuesta a un determinado estímulo. Definir este sistema es tratar de enfocarlo a identificar las relaciones entre el proceso y las formas que de ello resulten.

Consecuentemente, se puede establecer un equilibrio entre el proceso y la forma, de modo que cualquier alteración en el sistema en secuencia será reflejada por la alteración en la estructura del sistema morfológico (esto es, en la forma), a través de un ajuste de las variables con miras de alcanzar un nuevo equilibrio, estableciendo una nueva forma. Por otro lado, las alteraciones ocurridas en las formas pueden modificar la manera por la cual, el proceso se realiza, produciendo modificaciones en las características de las entradas (*inputs*), que abastecen al sistema morfológico. Por ejemplo, aumentando la capacidad de infiltración de una determinada área habrá una disminución en el escurrimiento superficial y una menor densidad del drenaje. Esto se refleja en una disminución de la pérdida del declive de las vertientes. Esa tasa de disminución, a su vez, facilita la capacidad de infiltración y disminuye el escurrimiento superficial (Figura 2.8).

Al contrario, al disminuir la capacidad de infiltración de un área habrá un aumento del escurrimiento superficial y un incremento en la densidad de drenaje, lo que se refleja en una mayor erosión que modela, pronunciando el declive de las vertientes. Este aumento, a su vez, dificultará la capacidad de infiltración al aumentar el escurrimiento superficial.

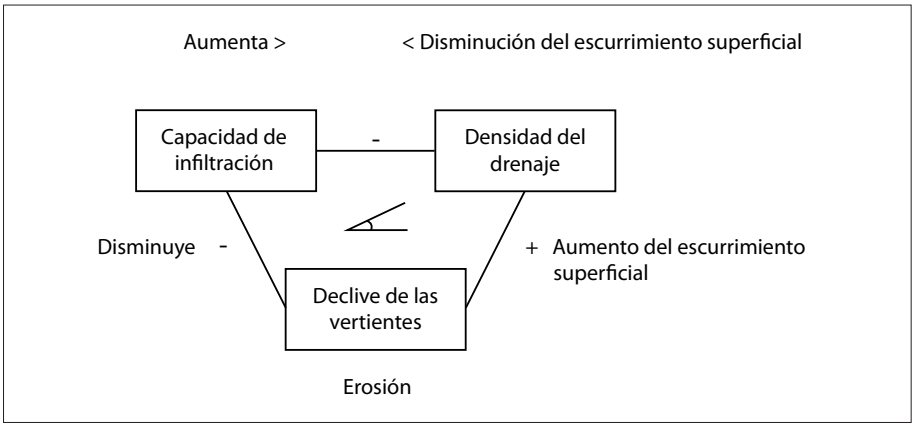


Figura 2.8. Relaciones establecidas por la retroalimentación en circuito en un sistema de procesos y respuestas. Fuente: Modificado de Strahler y Strahler (1991).

Esta propiedad de realimentación, mostrada por los sistemas, consiste en que el efecto de una alteración vuelve a actuar sobre la variable o elemento inicial.

Retroalimentación o realimentación en los sistemas

Los tipos más comunes de retroalimentación que poseen los sistemas son:

a. *Retroalimentación directa*, cuando hay una relación o acción directa de ida y vuelta de acción entre dos variables.
b. *Retroalimentación en circuito*, cuando involucra a más de dos variables y la retroalimentación vuelve al punto inicial, completando un circuito en arco (Figuras. 2.9 y 2.10).
c. *Retroalimentación negativa*, es el tipo más común, ocurre cuando una variable o variación producida u originada externamente lleva o conduce al

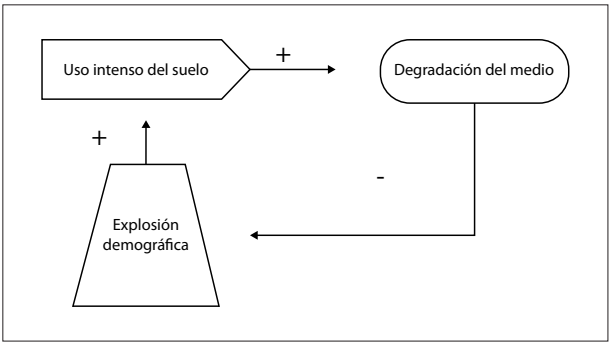


Figura 2.9. Relaciones hombre-ambiente como un simple sistema de retroalimentación, produciendo una circulación de acción denominada mecanismo de retroalimentación (*feedback*). Fuente: modificado de Strahler y Strahler (1991).

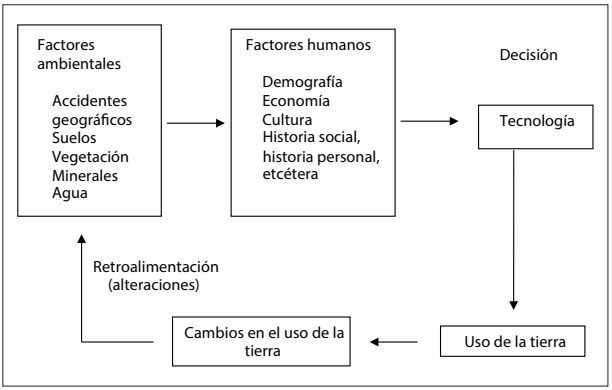


Figura 2.10. Procesos sistémicos de retroalimentación en un sistema natural y antrópico (cultural y tecnológico). Fuente: modificado de Strahler y Strahler (1991).

establecimiento de un circuito cerrado de alteración, que tiene la función de enfriar o estabilizar el efecto de cambio o mudanza original.

Esta situación es indicada por un circuito con un número impar de signos negativos de correlación. Por ejemplo, en un canal fluvial, si se aumenta el volumen de agua (variación externa) habrá aumento de velocidad. El aumento de velocidad ocasionará aumento de la erosión (correlación positiva) y eso provocará un aumento en la anchura del canal (correlación positiva), todavía el aumento de anchura provocará una disminución en la velocidad del agua (correlación-negativa). A través de este mecanismo, el sistema procura reajustarse y reequilibrarse en función de las nuevas condiciones de flujo.

d. *Retroalimentación positiva*, ocurre cuando los circuitos entre las variables refuerzan el efecto de la acción, externamente producida, ocasionando una acción de "bola de nieve" o catalizadora; estas alteraciones no siempre están en el mismo sentido de la influencia original. Tales circuitos pueden no tener signos negativos de correlación, pero si acaso los pre-

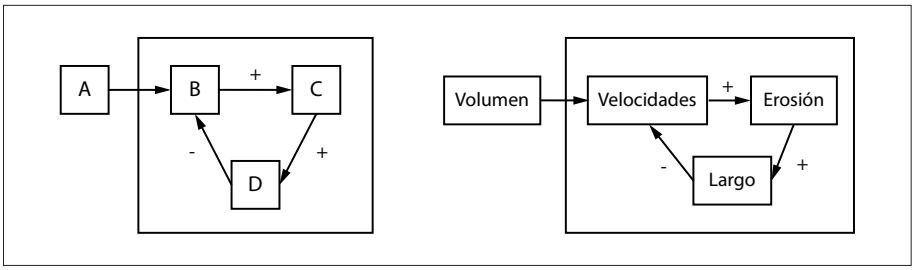


Figura 2.11 Esquema de retroalimentación negativa. Fuente: modificado de Strahler y Strahler (1991).

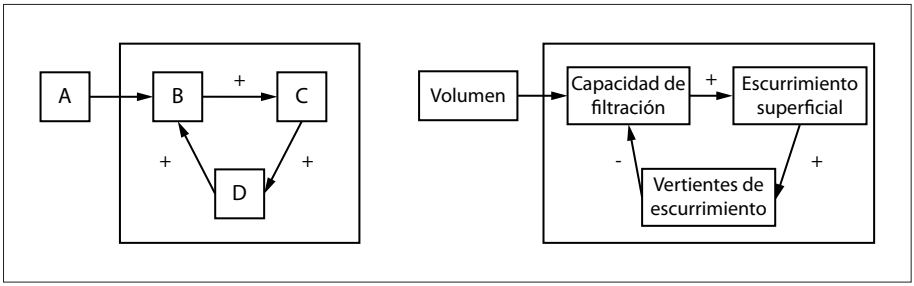


Figura 2.12. Esquema de un circuito de retroalimentación positiva. Fuente: modificado de Strahler y Strahler (1991).

senta, ellos deben ser en cantidad par. Este tipo de retroalimentación no promueve la estabilización del sistema, pero sí su destrucción. Por ejemplo, el desmantelamiento de la cobertura vegetal (acción externa) disminuye la capacidad de infiltración y aumenta el escurrimiento superficial (correlación negativa).

El aumento del escurrimiento superficial aumenta la erosión de las laderas (correlación positiva), y esa erosión disminuye la capacidad de infiltración (correlación negativa), con el transcurso del tiempo habrá aflorado la roca, no habiendo prácticamente más infiltración ni erosión de la regolita. El sistema fue destruido.

Sistemas controlados

Son aquellos en los que se presenta la acción del hombre sobre los sistemas de proceso-respuestas. Aumenta la complejidad por la intervención humana. Cuando se examina la estructura de los sistemas de procesos-respuestas se verifica que hay ciertas variables claves, o válvulas, sobre las cuales el hombre puede intervenir para producir modificaciones en la distribución de materia y energía dentro de los sistemas en secuencia y, consecuentemente, influenciar las formas que con ellos están relacionados. Por ejemplo, modificando la capacidad de infiltración de determinada área o el movimiento de la arenas en una determinada playa, el hombre puede producir, consciente o inadvertidamente, modificaciones considerables en la densidad del drenaje o en la geometría de la playa. En la orientación de esa intervención humana reside la finalidad aplicada de la ciencia de la esfera geográfica.

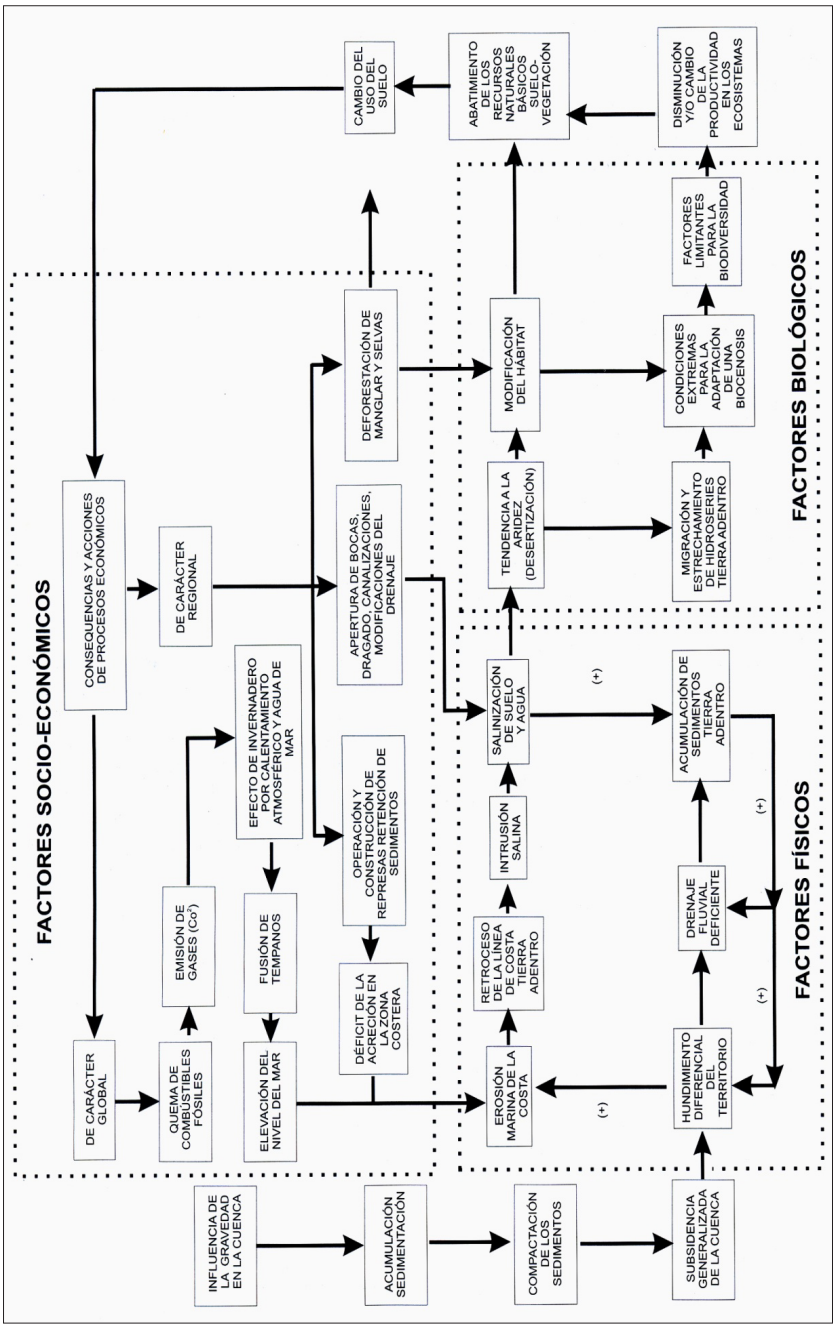


Figura 2.13. Liga de haz de relaciones entre los factores físicos, biológicos y socioeconómicos. Fuente: elaboración del Dr. Ortiz Pérez (s/f.).

Capítulo 3. Regionalización de los espacios naturales

Prólogo

En este capítulo el doctor Ortiz presenta uno de los principios y retos más importantes que ha tenido la geografía desde su concepción como ciencia: la región. En este apartado arguye sobre el proceso de regionalización del espacio geográfico; define el concepto de región y la importancia que este tema tiene en el análisis territorial y la diferenciación del espacio geográfico en diferentes escalas de análisis. La justificación más importante acerca del estudio regional involucra la necesidad de ordenar y organizar el espacio debido al crecimiento de la población y la eminente presión que existe sobre los recursos naturales.

Explica de manera detallada las características de la estructura jerárquica de los espacios naturales para, de ahí, en una segunda parte discutir en torno a lo concerniente al paisaje y los factores que le dan forma. Como punto determinante en el capítulo, se presentan aproximaciones teóricas y metodológicas de las unidades de terreno y el papel que realiza la geomorfología en la caracterización territorial. Y por último, expone los criterios para la caracterización taxonómica del territorio.

Resulta importante determinar que, si bien la literatura que conforma y sustenta este capítulo proviene de Francia, España, de la desaparecida Unión Soviética, Holanda y Cuba, se advierte un importante ejercicio de síntesis, y el análisis del territorio le permite al autor exponer con claridad los principales conceptos del paisaje y los enfoques teóricos metodológicos que de este se obtienen en diferentes escalas. Para este capítulo, algunos de los autores clásicos que ha retomado el doctor Ortiz son Sochava (1977), Bertrand (1979) y Van Zuidam (1979), entre otros.

Introducción

Una prioridad que enfrenta la sociedad es la de organizar y ordenar el espacio que habita debido al aumento desorbitado de la población, con la consecuente presión

demandante de bienes y el deterioro de los servicios ambientales. El incremento de la desigualdad y la marginación ahondan los problemas socioeconómicos y la incapacidad de los gobiernos para resolverlos, propiciando desequilibrios en el plano regional, sobre todo en el desarrollo en el que el centralismo adquiere niveles ya insostenibles. Frente a esto, la regionalización se convierte en una herramienta fundamental de planeación, de estudio y empleo en la geografía y la economía (García, 1975).

El concepto de región

Desde el punto de vista físico, el concepto de región estaba asociado a la idea de explicar el espacio; a las relaciones de interdependencia entre los distintos elementos del medio físico con objeto de establecer la región natural, en la que prevalece un criterio de homogeneidad, es decir, aquellos paisajes que poseen cierta uniformidad. El concepto de región geográfica se adquiere cuando se incluyen la integración de elementos culturales y el análisis económico (García, 1975).

La diferenciación espacial de lo homogéneo ha estado ligada a concepciones muy diversas, con enfoques y objetivos diferentes, de tal forma que el estudio ha estado abierto a una amplitud de concepciones distintas que dejan muy atrás cualquier coherencia y unidad del pensamiento geográfico. Lo anterior es una de las razones del conflicto existencial del geógrafo; el desconocimiento de su propia identidad, al carecer de una fundamentación propia, como cuerpo coherente que se manifieste en la solución original de los problemas de la realidad.

Por las anteriores razones, muchos geógrafos cuentan con una escasa capacidad para delimitar hasta dónde llegar en los problemas que le competen, por ende, les cuesta trabajo justificarse académicamente en lo social y en lo económico, ante las necesidades humanas de los procesos productivos, sea cual fuere su origen.

Importancia del tema

El problema de investigación surge de la necesidad de contar con una referencia clara y concisa del marco espacial, como parte del contexto y soporte donde tienen lugar la implementación, pues, como asientan Salinas (2005) y Bollo y Mateo (2004), no existe un modelo único de planificación y ordenamiento del territorio aplicable a distintas realidades, sino que cada región y país deben cons-

truir su propia metodología de planificación y ordenamiento ajustada a su realidad natural, económica y social.

De acuerdo con Priego, Bocco, Mendoza y Garrido (2010), la regionalización proporciona información sobre la vocación específica de cada región, ya que la toma de decisiones en materia ambiental se realiza a partir del conocimiento de la naturaleza y aptitud de territorio que albergan recursos naturales concretos.

Con el fin de entender y conocer la realidad objetiva de la estructura espacial, se necesita saber el papel y la misión de cada uno de los diversos sistemas naturales presentes y por esto, previamente habría cuestionarse: ¿cómo son?, ¿con qué basamento de relieve se sustenta?, ¿cómo funciona o trabaja el tránsito de materia y energía?, ¿cómo y con qué elementos de análisis se aborda según sea la distinta naturaleza de la estructura espacial?

El análisis regional

La primera parte del proceso de ordenamiento ecológico-territorial (explicada en el primer capítulo) consiste en la regionalización, y para los geógrafos físicos es, hasta ahora, la de poder explicar la estructura espacial. El análisis regional surge como uno de esos enfoques, resultado de la búsqueda e intentos por entender los distintos mosaicos de la superficie terrestre que, en su propósito, divide el espacio por la analogía fisonómica y en unas relaciones de presencia o ausencia de ciertos componentes o elementos. Esto con el fin de establecer el sello distintivo entre los diversos espacios, siempre con la idea de plantear paradigmas (modelos) en los estudios integrados del espacio como morada humana. Desde luego, considera la evolución y formación regional de nuevos espacios creados por el hombre, en el proceso de apropiación de los recursos naturales y los de soporte espacial. El producto o intervención de tal modificación se traduce en un fenómeno de cambio que se expresa en un arreglo (es decir, un determinada distribución de los objetos) y un patrón geográfico caracterizado por una determinada situación en la superficie terrestre. Su participación en el contexto de la investigación científica es esencial en el desarrollo de la formación y cambio del paisaje.

Por otro lado, con otro punto de vista diferente, en aparente oposición al enfoque de integración holística, ha desarrollado disciplinas más especializadas que estudian aspectos particulares de la Tierra, las cuales abordan el estudio de las diversas des-envolturas de la esfera geográfica desmembrando las ciencias de la Tierra en ramas, como es el caso de:

Objeto de estudio	Ciencia
Litosfera	Geología
Hidrosfera	Hidrología-Oceanografía
Atmósfera	Meteorología-Climatología
Biosfera	Biología-Ecología

Este también es el caso de los estudios del interior de la Tierra y los geostróficos de la geofísica, cuyo análisis teórico se hace con un orden de enfoque deductivo más profundo, detallado y preciso, con su propio objeto de estudio y método de las ciencias físicas naturales.

En este contexto, la geografía se liga a las ciencias de la Tierra, alimentándose de ellas como ciencias auxiliares, porque se abastece de sus avances científicos, al enfrentar la doble tarea del geógrafo, que es incorporar nuevos conocimientos para insertarlos e integrarlos como propios y adoaptarlos a la teoría del sistema físico-geográfico. Se refiere aquí el término "doble tarea" cuando la geografía, como un cuerpo teórico-funcional, enmarcado en un haz de relaciones y combinaciones que se conjugan en la estructura del espacio, explica las leyes de la interacción entre una determinada distribución y sus cambios presentes y contemporáneos, con la fundamentación propia y original de la ciencia geográfica.

Regionalización natural (diferenciación territorial)

La diferenciación territorial, explica y clasifica la diversidad espacial de la envoltura geográfica en complejos naturales o sistemas de diferente orden; parten del principio de la zonalidad y la azonalidad que son condicionadas, respectivamente, por la desigual distribución de la energía solar y las diferencias de difusión geotérmica del interior de la Tierra (Riábchicov, 1976).

Así, y desde diferentes niveles de altura sobre la superficie terrestre, se observa que existen arreglos variados con expresión o diseño distinto dispuestos en un patrón estratificado; en la medida en que modificamos la escala de observación o acercamiento, surge el proceso de descomposición espacial de un todo que habrá de zonificarse de acuerdo con el arreglo de las partes componentes.

La división secuencial de la observación del territorio en porciones más pequeñas de extensión se lleva a cabo con un análisis de mayor detalle y subordinadas entre sí hasta nivel de sitio. Tal articulación forma uno de los pasos más

importantes en el proceso de regionalización natural, y significa con ello la descomposición espacial de un todo en un área específica con sus elementos y componentes aproximadamente homogéneos por sus características y comportamiento.

En este caso, Rodríguez (2001) establece que un hecho o fenómeno geográfico, como es el de la diferenciación e individualización de los espacios, puede estar determinado por su organización socioeconómica, por su desarrollo social o de acuerdo al estado de conservación del medio ambiente natural. Estos planteamientos, e innumerables factores más, son ejemplos de los criterios del quehacer del análisis regional. La regionalidad se funda en una realidad funcional como el objetivo adecuado para la valoración y la gestión de manejo y administración del espacio geográfico.

La caracterización de lo homogéneo del enfoque regional facilita identificar y delimitar, y luego analizar y diagnosticar, para después gestionar e intervenir a la resolución de problemas. La región se diferencia de otras por una variedad de criterios y por características relevantes desde un punto de vista o enfoque de interés, o bien, con respecto a la solución de un problema determinado, de tal manera que será ligada a los objetivos previamente indicados; sin embargo, la mayoría de los análisis regionales tienen un enfoque múltiple, buscando la capacidad de integración (Figura 3.1).

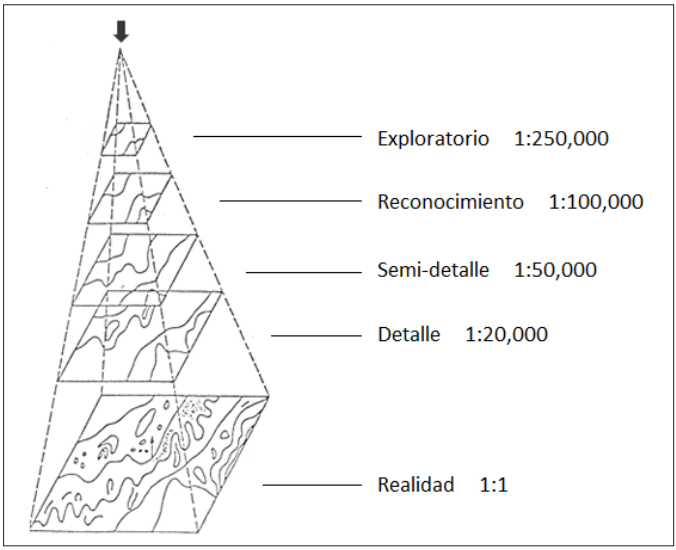


Figura 3.1. Diagrama triangular de observación estratificada. Fuente: Mateo (1984).

Estructura jerárquica de los espacios naturales

La estructura jerárquica de los espacios naturales representa la integración espacial de los procesos que se ligan desde los rangos superiores a los inferiores, en dirección hacia los niveles menos complejos de integración, de tal manera que:

- Los niveles mayores de generalización son más complejos y asimilan a cada uno de los rangos de menor jerarquía, no obstante, los niveles mayores dependerán de los de categoría de rango inferior.
- Cada nivel en la jerarquía de la clasificación debe de reflejar una relación o unión entre lo general y lo particular, por tanto, cada nivel jerárquico organiza el nivel inferior, por quedar incluido o anidado y por pertenecer a un nivel mayor.
- Cada nivel de integración debe tener su propia génesis e historia de formación y evolución. En otras palabras, toda la unidad debe tener homogeneidad genética.
- Cada categoría de nivel posee una dimensión espacial, una altitud o profundidad (amplitud vertical) representada por la energía potencial expresada por la exposición de fragilidad ante la influencia de la energía gravitacional.
- Cada componente existente en un determinado nivel forma parte de la estructura funcional del nivel superior.
- Cada unidad natural tiene un arreglo de disposición y de orientación común que afecta a toda el área, es decir, pertenece o forma parte de un relieve con un estilo morfo-tectónico e hidrográfico determinado.
- No es posible reducir un nivel superior a los componentes del nivel mínimo inferior.
- Entre más complejo es el nivel, la exigencia de conocimiento será mayor.

El concepto de paisaje y los factores formadores del paisaje

La caracterización de cualquier categoría ésta basada en el reconocimiento de los objetos semejantes o análogos de acuerdo a determinados rasgos de configuración común. Estos tienden a presentar características definidas o aproximadamente homogéneas, al poseer una combinación similar de los elementos componentes (litología, relieve, red hidrográfica, suelos, vegetación, etcétera). Fisonómi-

camente forman un espacio natural o entidad territorial (paisaje, unidad de terreno, sistema terrestre, geosistema) reconocible y diferenciable de los circundantes (Mateo, 1991).

El concepto de paisaje, en sentido geográfico, resulta de un conjunto de elementos geográficos ligados por relaciones de interdependencia (González, 1981). Así, un paisaje puede definirse como una "... porción de la superficie terrestre con patrones de homogeneidad, consistente en un complejo de sistemas conformados por la actividad de las relaciones entre las rocas, el agua, el aire, las plantas, los animales y el hombre, que, por su fisonomía, es una entidad reconocible y diferenciable de otras vecinas (adaptado de Zonneveld, 1979).

De manera tradicional, la ecología del paisaje se ha aplicado casi exclusivamente a los paisajes terrestres, sin embargo, es evidente que también debe incluir y aplicarse a las interfases acuático-terrestres de transición mareal-estuarina, y a los ambientes acuáticos marinos. Sin embargo, debe tenerse presente que, siendo las cualidades del medio atmosférico y acuático muy diferentes, los principios ecológicos funcionales y estructurales son, asimismo, muy variables, y no es posible hacer generalizaciones en muchos aspectos.

Un paisaje siempre está compuesto por una serie de elementos (componentes de estructura-función), los cuales corresponden a un grupo de cosas o porciones homogéneas de espacio geográfico que funcionan juntos a través de un conjunto regular de conexiones, llamadas relaciones, dentro de los llamados "límites del sistema" (Haggett, 1994) y que, en nuestro caso, son los contactos del sistema.

En la Figura 3.2 se presenta un esquema que muestra los factores formadores del paisaje y la estructura de relaciones que los unen. Las unidades de paisaje son el resultado de la interacción de los factores formadores del paisaje (clima, geología, hidrología, suelos, vegetación, fauna, hombre) así como de su variabilidad a través del espacio geográfico en el transcurso del tiempo.

La magnitud de dimensión espacial y el grado de homogeneidad de los elementos de paisaje dependen del nivel de jerarquía específico de análisis, el cual, a su vez, depende primordialmente del detalle con que se esté observando un paisaje determinado. Desde alturas diferentes sobre la superficie terrestre se observan variados diseños de la expresión de los elementos y fenómenos naturales, la mayoría de los cuales tienen características definidas como si fuera un rompe-cabezas, donde se exhibe un mosaico de paisajes constituidos por diversos órdenes de complejidad y tamaño, en el cual un territorio podría aparecer heterogéneo en una determinada escala, pero bastante homogéneo en otra. De esta manera, un cambio de escala temporal y espacial puede afectar la observación al ir apareciendo nuevos arreglos de la estructura espacial con distintas confi-

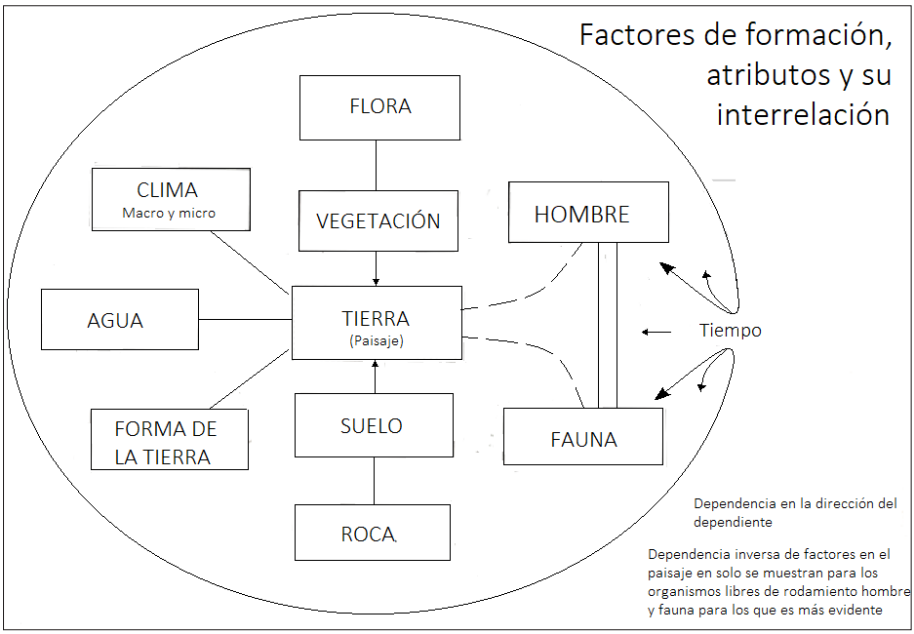


Figura 3.2. Factores formadores del paisaje y la estructura de relaciones. Fuente: modificado de De Bolós (1991).

guraciones, procesos y propiedades emergentes a través de las escalas (Odum, 1971).

Las relaciones entre las partes componentes comprenden el análisis estructural a través de los elementos que conforman un paisaje, los cuales pueden tener límites claros y abruptos, o bien de carácter más transicional y gradual. Gene-

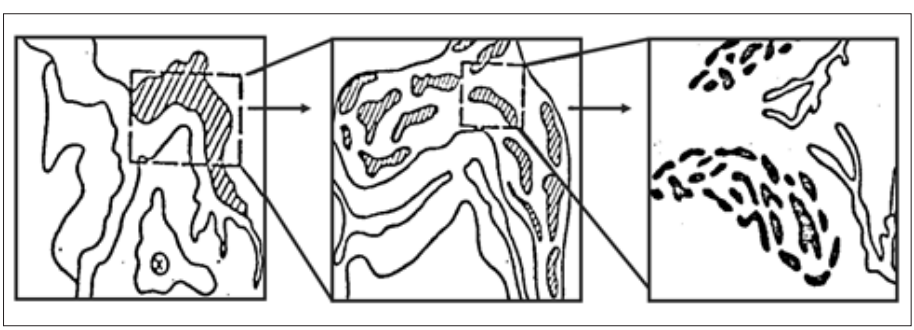


Figura 3.3. Ejemplo esquemático del efecto del cambio de escala (cambio de nivel de detalle) en el análisis de un paisaje. Fuente. Odum (1971).

ralmente, en los paisajes naturales con poca intervención humana son más característicos los límites transicionales; la actividad humana tiene en general por resultado el incremento del número de límites abruptos en el paisaje.

Principales aproximaciones de unidades homogéneas de terreno y ambientales. La aproximación a lo homogéneo

Las unidades espaciales presentan homogeneidad interna con respecto a ciertas variables ambientales tales como tipo de sustrato, suelo, forma del relieve, vegetación, uso del suelo, entre otros (Bocco y Ortiz, 1994). Por lo tanto, es necesario el reconocimiento de estas para delinear los límites de la regularidad interna y con ello trazar el o los contactos de unidades vecinas que son separables por no formar un área común y, de este modo, llevar a cabo la diferenciación del territorio, debido a la heterogeneidad y diversidad del arreglo fisiográfico.

A partir de la detección de formas de relieve homogéneas es posible inferir homogeneidad en otras variables ambientales, aunque esta relación no es tan directa en todos los casos. El sustrato rocoso, el relieve y los suelos se modifican con el tiempo geológico y los elementos establecidos tienden a ser más estables. La vegetación y el uso del suelo, en cambio, son variables mucho más dinámicas, especialmente si consideramos la influencia antropogénica.

En las distintas disciplinas espaciales y ambientales se han desarrollado diversos enfoques y formulado leyendas para la identificación, reconocimiento y cartografía de unidades espaciales homogéneas. En función del elemento central que les da origen, estos enfoques pueden agruparse de la siguiente manera:

a. Unidades de terreno de la estructura espacial

Todas las aproximaciones agrupadas en esta categoría parten de la relación roca-relieve-hidrografía-suelos, como elemento central en la definición de la homogeneidad. Comprende todos los elementos litológicos, hidrológicos, climáticos que son la estructura de soporte presentes en todos los geoecosistemas. El subsistema abiótico conforma el grupo de elementos más estables, en el tiempo y en el espacio; sin embargo, no tienen capacidad de autorregulación. Si la llegasen a tener sería a muy largo plazo o en lapsos de tiempo geológico.

Una relación de las corrientes y enfoques de la taxonomía de unidades de terreno fue desarrollada por el CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization de Australia), que formuló uno de los primeros sistemas de clasificación territorial. En esta se reconocieron tres niveles de unidades de

terreno: faceta, unidad y sistema. La primera es la unidad mínima cartografiable, homogénea, de carácter tipológico desde el punto de vista del relieve, suelo y vegetación. El segundo nivel se refiere a unidades de terreno, es decir, unidades de mayor tamaño cuyos atributos son más generales con la distinción de llevar el sello propio de la individualidad regional. El tercer nivel acepta generalizaciones hasta llegar al sistema de terreno, donde la homogeneidad es a nivel de rasgos geológico o geomórficos.

Van Zuidam (1979) propone unidades de terreno siguiendo una aproximación similar a la anterior y reconociendo las unidades componentes en unidad, sistema y provincia, toda vez que Meijerirnk (1988) propuso unidades del terreno basadas en morfogénesis, litología y morfometría.

En México, Ortiz y Cuanalo (1978) formularon un método con base en la integración de varios niveles informativos (tipos de roca, formas de relieve, suelos y vegetación) de acuerdo con su estructura taxonómica; este enfoque retoma la propuesta de la CSIRO.

Una variante de este método es la "Regionalización Ecológica" de la extinta Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), realizada a partir de la cartografía fisiográfica de INEGI. En ella se reconoce la unidad natural, el paisaje terrestre, el sistema terrestre, la provincia y zona ecológica. Esta clasificación es muy discutida por D'Luna (1996), quien señala que no existe una diferencia clara entre cada una de las jerarquizaciones, por lo que dichos términos son ambiguos.

b. Unidades ambientales del paisaje

Más allá del mayor o menor dinamismo que presentan las propuestas de diferentes autores, una característica fundamental en las unidades de paisaje es la inclusión de la vegetación como parte integral de las mismas. De esta forma, Zonnelveld (1979, 1995) propone que la distribución espacial de la vegetación sea la que guíe el proceso de delimitación de lo homogéneo.

Una cierta unidad de vegetación supone, entonces, homogeneidad en el tipo de la roca, pendiente, relieve, entre otros factores; es decir, la línea de razonamiento va de la cobertura hacia el substrato, funciona a través de la energía lumínica y calorífica del sol, vinculada a la vida sobre la superficie terrestre. Desde luego los organismos tienen una mayor fragilidad que los abióticos de las unidades de terreno, pero en cambio poseen el atributo de su autorregulación y regeneración a partir del momento en que cesa la energía de la perturbación (De Bolós y Capdevilla 1991). Estas unidades se denominan unidades de ecología del paisaje.

En este mismo contexto se encuentra el método formulado por edafólogos y geomorfólogos franceses, que integra unidades denominadas morfoedafológi-

cas. Dichas unidades se basan en el concepto de balance entre morfogénesis y pedogénesis y reclaman ser más dinámicas que las de aproximación fisiográfica (Geissert y Rossignol, 1987) y eficientes para la evaluación de paisajes y la gestión del territorio, así como el desarrollado para zonas templadas en México de Espinosa (2009).

Un caso similar es el enfoque utilizado por Zinck (1988) y Rossiter y Wambeke (1977), quienes definen unidades con base en los suelos, la geomorfología y la vegetación, con la ventaja de que esta última es manejada por separado.

El papel de la geomorfología

Tal vez la disciplina que más ha contribuido a la definición de unidades homogéneas es la geomorfología. Esta disciplina se encarga del estudio sistemático de las formas del relieve, tanto desde el punto de vista de su génesis, como de los procesos y de las formas resultantes. La génesis y el desarrollo del relieve ocurren en la intersección de la litosfera, la atmósfera y la biosfera. Por lo tanto, el estudio de las formas del relieve implica una ubicación entre la geología, la ciencia del suelo, la hidrología y el análisis del uso actual. En este sentido, la geomorfología, es eminentemente interdisciplinaria (Bocco y Ortiz, 1994; Hugget, 2007).

Tomando en cuenta el carácter interdisciplinario de la geomorfología, y al hecho de poder determinar la diferenciación espacial a través del relieve, como basamento para caracterizar la cobertura el uso del suelo y la vegetación, se propone la identificación de unidades ambientales a partir del análisis sistemático de las formas de relieve.

Enfoque de la regionalización natural: específico y general

Sabemos que la región presenta una homogeneidad relativa en relación con una serie de condiciones afines, sean de paisaje o de la población. Cada sitio o unidad de paisaje con respecto a la superficie terrestre es único y, sin embargo, tiene condiciones de propiedades o atributos que se parecen a combinaciones en otros lugares. Por tal motivo las observaciones que se hagan en el paisaje deben llevarse a cabo sobre la base de semejanzas o la combinación única o propia. Así, existen dos clases de sistemas regionales: específico y general.

En el nivel específico, el paisaje se define por la combinación de características intrínsecas que se apartan de la clasificación general por llevar el sello de dis-

tinción particular, debido a su singular morfogénesis y localización, en el sentido de que se delimitan unidades irrepetibles y únicas, como la barrera arrecifal de Australia y la cordillera del Himalaya.

La diferenciación de carácter regional distintiva está basada en los contrastes o en la diferencia individual del paisaje, por traer consigo el sello distintivo y único de la información genética y de desarrollo evolutivo que le imprime la forma primaria de nacimiento o del surgimiento del relieve endógeno, o el de una forma singular de ocurrencia o de emplazamiento del terreno, de un cierto estilo la arquitectura morfo-estructural del relieve, de un arreglo específico en la distribución de facies y secuencias lito-estratigráficas determinadas por la posición de la cuenca geológica. En el conjunto territorial da un determinado arreglo de los componentes naturales.

El enfoque regional general de carácter tipológico (clases o categorías) se basa en los lugares o paisajes que tienen una semejanza de acuerdo con determinado conjunto de características, y en esta categoría considera la posibilidad de unidades repetibles en un espacio determinado.

Es recomendable trabajar la imagen de los paisajes geomorfológicos a partir de un enfoque tipológico o de clases, de esta forma se evidencian de manera significativa las regularidades y relaciones entre las unidades de paisajes, que son examinadas en vistas en planta esencialmente como polígonos o coberturas, y aspectos vinculados con su contenido y con los procesos que en ellas ocurren.

Por último, solo con objeto de reiterar y subrayar con certeza: "el conocimiento y la comprensión de los paisajes a través de sus características y la interacción entre los componentes (elementos) son la herramienta adecuada en la planeación relativa al manejo del capital natural y uso de los recursos naturales".

Criterios de caracterización del sistema de clasificación taxonómica espacial

Al considerar las unidades territoriales de mayor a menor tamaño se tienen: zona/dominio, continental y la división fisiográfica sub-continental, región, el sistema terrestre de gran paisaje, paisaje o geosistema, unidad natural, faceta y geotopo, que se articulan de manera taxonómica. Esto permite la integración de diversos niveles de conceptualización del espacio y del ambiente, desde la ladera a la gran unidad morfo-continental-bio-climática.

Se parte de los grandes conjuntos del espacio continental, en donde dominan la expresión de homogeneidad espacial de amplios territorios que resultan de la fusión que exhibe la imagen de una parte de la superficie terrestre que contiene

una diversidad de espacios no divisibles a la escala de observación planetaria, puesto que la imagen tiene como referencia los rasgos comunes de la combinación de diversos factores y elementos geográficos semejantes que dan lugar a la síntesis de un complejo unificado que es susceptible de individualizar en la medida que se baja en escala numérica.

De esta forma, la jerarquía taxonómica de las unidades de paisaje se realiza a diferentes niveles de escala; usualmente se tienen la global, la continental y la sub-continental; hasta aquí seguimos a Bertrand (1979), quien considera como unidades superiores que corresponden a la zonación latitudinal de escala planetaria o global.

El nivel global planetario corresponde a la "zona/dominio"; se parte de las características principales altamente generalizadas, a este nivel sobresalen las relaciones de magnitud mega de acuerdo con las fajas climáticas zonales de la superficie terrestre.

En el nivel continental se lleva a cabo la diferenciación a través de los distintos biomas o conjuntos de ecosistemas afines. Conviene señalar la liga estrecha entre las zonas de vida de los biomas y los climas (Challenger, 2003). Así, en el clima "A" se sustentan los biomas de selvas tropicales, el "B" con los biomas de los desiertos y estepas, el "C" con los templados y mediterráneos, las coníferas y bosques deciduos, el tipo de "D" con el frío húmedo del bioma boreal y el de paramo ("taiga") y el tipo "E" frío helado de las tundras y los polares.

La diferenciación se lleva a cabo a la escala continental con la expresión de las estructuras mayores del sistema fisiográfico y con la referencia de las condiciones megaclimáticas generales y de acuerdo con las fajas climáticas zonales de la superficie terrestre (clima polar, templado, ecuatorial).

A partir de esta primera unidad global se reconoce a las otras unidades de orden inferior que se encuentran subordinadas a esta y, por lo tanto, se requiere para su reconocimiento de una escala a mayor detalle; es decir, de hacer un levantamiento con una escala numéricamente más pequeña. De esta manera, las unidades en cuestión se subordinan a las más pequeñas en extensión, pero a cambio de ello requieren de estudios a mayor detalle y precisión y así sucesivamente, en la medida que se desciende a las categorías inferiores.

El nivel sub-continental se realiza tomando en cuenta las diferencias altitudinales que existen: las cadenas montañosas, las elevaciones pre-montaña y sierras bajas y las llanuras considerando las características geológicas de las estructuras mayores del relieve.

El nivel regional medio está formado por el sistema fisiográfico/regional y el sistema terrestre del gran paisaje; corresponden a los niveles en donde los

elementos climáticos y el geológico estructural son básicos, y la funcionalidad queda determinada por la combinación dinámica de un proceso conductor dominante (la sedimentación de una cuenca geológica, la movilidad de un desierto arenoso, la abrasión de costas rocosas, un ambiente acumulativo de depósitos de detritos, un ambiente estructural (cuestas, volcánico, de bloques disyuntivos), un ambiente de denudación lineal o mantiforme, ambiente residual, un ambiente de disolución del relieve, un ambiente mixto de transición periglaciar, costero, de piedemonte, ambiente orgánico coralino, de manglar).

Taxonomía regional

La región fisiográfica es una parte de la superficie terrestre constituida por mosaicos o conjuntos de unidades genéticas de relieve con relaciones de parentesco de tipo geológico, de relieves generales que permiten reconocer las grandes estructuras, como por ejemplo: ejes orográficos, cuencas sedimentarias con condiciones climáticas, fisiográficas, bióticas (y socioeconómicas) generales relativamente homogéneas. Correspondiente a las divisiones menores sub-continentales, su distinción se fundamenta en la organización espacial derivada de un gradiente topográfico escalonado de disposición más o menos continua de umbrales topográficos y depresiones de cuencas sedimentarias. Al contar con una herencia genética semejante, el territorio en cuestión tiene una historia geológica similar, un desarrollo evolutivo con una condición morfoclimática de pisos altitudinales y de zonación climática en franjas latitudinales en planicies (región andina, región llanera, región amazónica, Los Apalaches, las Sierras Madres, la Sierra Maestra, el Desierto de Sonora). Generalmente contiene una serie de asociaciones de paisajes distribuida en racimo, ligados por el eje o hilo conductor de la conectividad impartida del desarrollo evolutivo (clúster).

El Gran paisaje (asociación de paisajes eslabonados) se representa por la expresión de un territorio unificado por un conjunto de mecanismos morfogenéticos que se asocian o se combinan funcionalmente para formar procesos similares, constantes en el tiempo y que cambian en su conjunto de forma regular y cíclica. Existe así un haz de relaciones basado en la inseparabilidad espacial en cuanto a la génesis y expresión del relieve, la litología, clima, drenaje, están todos ligados por la combinación de conexiones o articulaciones entre los paisajes.

Exhibe un relieve que se liga través del entrelazado de eslabones (encadenado o catena). Es el arreglo fisiográfico que presenta una agrupación y orden de paisajes geomorfológicos con una disposición y orientación común, los cuales

forman una secuencia de estilos repetitivos de paisaje, incluidos en la estructura de un sistema morfotectónico e hidrográfico semejante, debido a que el sistema terrestre tiene una génesis semejante. Ejemplos de esto son el sistema de cuestas de Burgos, los humedales de los petenes, el campo volcánico del Pinacate, la sucesión de derrames de lava de la Sierra Chichinautzin, la planicie deltaica del Balsas, la rampa de piedemonte de Buenavista, entre otros.

Las unidades de los niveles inferiores se identifican con el paisaje (geosistema), que queda dividido en unidades naturales de mayor detalle o geofacies, las cuales, a su vez, se subdividen localmente en lugares o sitios puntuales, conocidos en la literatura como "biotopo/geotopo", que no son sino la porción más homogénea y de menores dimensiones.

El paisaje se distingue por los elementos de un esquema coherente de formas del relieve, tipo de suelos, formas de vegetación y condiciones climáticas-hidrológicas y de la ocupación humana. Es la unidad dinámica del conjunto paisajístico en un mismo espacio y tiempo presente, de lapso corto, que puede en un momento dado estabilizarse por la ocupación humana. Existe un acoplamiento directo y unificado entre el relieve, el clima y los suelos en una relación funcional de mecanismos morfogenéticos. Para su análisis se establece fundamentalmente la proyección del ecosistema en el paisaje. Sochava (1977) sostiene que la importancia del geosistema estriba en que se dirige hacia la protección ambiental, al desarrollo económico a través de las medidas para la adecuada utilización del suelo y la recuperación de los espacios geográficos degradados.

Las unidades naturales o geofacies son las unidades menores e internas del paisaje que sobresalen por algún atributo de la morfología y en la modalidad de los procesos dinámicos. Constituyen el área interna de mayor homogeneidad, en donde se establece la interrelación propia del medio físico y la del medio biológico. La vegetación es el elemento clave de análisis, ya que refleja las condiciones del agua/humedad, el de los suelos, que reflejan las propiedades ecológicas del medio, y son la guía para individualizar las unidades naturales o geofacies.

A nivel local, la faceta o sitio se identifica a escalas semi-detalladas y detalladas y considera aspectos específicos del relieve, del clima y microclima, el papel de la disposición del nivel freático y de la asociación de suelos, de la cobertura vegetal y del uso del suelo con relación de liga vertical dominante.

El último nivel de la escala de Bertrand (1979) corresponde al "*geotopo/biotopo*", que equivale a la unidad paisajística local a mayor detalle. En los geotopos o biotopos las condiciones naturales pueden ser muy diferentes al del geosistema o al de las unidades naturales en el que se encuentran. Estas son unidades individuales particulares que pueden constituir el refugio de una biocenosis original,

remanente o endémica, como es el caso, por ejemplo, de las pozas de Cuatro Ciénegas en Coahuila, el cráter del volcán Chichón en Chiapas, y el núcleo de un petén o un oasis.

Capítulo 4. La estructura espacial y la escala temporal

Prólogo

En este capítulo se hace referencia a la estructura espacial y la escala temporal de la esfera geográfica, basado en autores como González (1981), Andrés Etter (1991), Forman y Gordon (1986) y Mateo (2000). Se explica en este capítulo como el conocimiento del paisaje se aproxima a un estudio integral de la superficie terrestre con el propósito de determinar las características de diagnosis, prognosis y sintéresis, propuestas en la obra de María De Bolós i Capdevila (1991) en el estudio del paisaje.

El autor establece cómo los patrones geomorfológicos y climáticos se correlacionan con los ecosistemas y las características culturales del territorio para conformar los paisajes de la superficie terrestre; expone la clasificación fenomenológica del paisaje y cómo se generan diferentes tipos de "arreglo-configuración" de la superficie terrestre.

Se hace un reconocimiento sobre el análisis cartográfico y algunos de los criterios que se pueden emplear para el análisis de los sistemas naturales, tales como los bordes y los atributos de carácter morfométrico del relieve o el gradiente de la pendiente general del terreno.

Por último, el capítulo aborda el concepto del balance entre la morfogénesis y la pedogénesis, citando autores clásicos como Tricart (1981) y Rossignol, Geissert y Campos (1989); también se hace referencia a las condiciones de equilibrio entre el desarrollo de geoformas y el de suelos.

Introducción

El presente capítulo ha sido preparado con notas bibliográficas y referencias textuales de los profesores González (1981), Andrés Etter (1991), Forman y Gordon (1986) y Mateo (2000).

El conocimiento del paisaje con base en una dimensión integral se concibe como una aproximación al estudio de la superficie terrestre, a fin de penetrar

en la esencia del territorio con el propósito de identificar las potencialidades, las limitaciones y los problemas relativos a su uso, ocupación y desarrollo futuro (Massiris, 2000).

Para lograr una aproximación adecuada de su estudio se formulan los criterios de estructura, función y temporalidad, que son aspectos fundamentales en la comprensión de la esfera geográfica.

La estructura espacial del paisaje

El objetivo es determinar la esencia y el significado de las relaciones entre los elementos que componen la estructura espacial.

En este sentido, el paisaje geomorfológico se concibe como la estructura de las formas del relieve interdependientes, que existen en una porción de terreno definido por los procesos geomórfico-genéticos ligados por la conexión del intercambio y el traslado de energía y materia.

La estructura del contexto espacial, el funcionamiento y la escala temporal

Caracteriza la forma de su organización interior, las relaciones entre los componentes que la forman y de los paisajes de rango inferior que la integran. Persigue conocer la esencia estructural del paisaje como la manifestación de estabilidad inherente a la organización, que le imparte un estado de equilibrio estacionario que le brinda cierta constancia, de tal manera que:

- La estructura vertical está formada por la composición e interrelaciones entre los elementos y componentes en el sentido vertical. En el análisis de la misma se emplea criterios sobre la frecuencia, potencia e integridad del carácter de las relaciones internas.
- Estructura horizontal (o estructura morfológica, genético-morfológica o planar): estudia la lectura de la imagen del paisaje que se define como el mosaico en planta de las unidades de paisaje, que se integran espacialmente en un orden jerárquico. Se conocen los atributos o características mediante diversos índices de relaciones geométricas de la imagen, como es la composición de la imagen, la forma y la orientación exterior de los contornos, así como su situación y sus relaciones de posición y contrasticidad.

- El funcionamiento (la estructura vertical) se refiere al proceso de intercambio de sustancias y energía que ocurre en la interacción de los componentes en el propio paisaje y con el exterior.
- La temporalidad dinámica-evolutiva en el análisis del paisaje es definida por Etter (1991) como el estudio de los patrones de la dinámica de los cambios de la estructura y el funcionamiento en el tiempo. Cambios cíclicos y cambios unidireccionales.

Clasificación fenomenológica

El estudio del paisaje se realiza teniendo en cuenta que una unidad de paisaje se caracteriza por cuatro aspectos específicos (Etter, 1991):

- Patrones geomorfológicos, climáticos y culturales característicos.
- Agregación particular de tipos de ecosistemas.
- Flujos e interacciones particulares entre los ecosistemas que la conforman.
- Un régimen de perturbaciones típico.

De lo anterior se desprende que el desarrollo o la evolución de un paisaje dependen, básicamente, de que operen tres mecanismos en una región (área) de la superficie terrestre, según Forman y Godron (1986):

- Procesos geomorfológicos y climáticos particulares que actúen por un período prolongado de tiempo.
- Patrones de colonización de organismos.
- Perturbaciones locales en ecosistemas específicos, durante lapsos de tiempo cortos.

A manera de resumen puede decirse que los paisajes pueden ser definidos como una asociación característica de patrones estructurales, funcionales y temporales, que responden a unas circunstancias y condiciones específicas de tiempo y espacio en la interacción de los factores formadores.

Estos patrones representan a las propiedades emergentes de los sistemas "paisaje". Al igual que todo sistema concreto, los paisajes se componen de dos grupos fundamentales, los que son visibles y las que no lo son. Estos han sido llamados por González (1981) el fenosistema y el criptosistema.

El fenosistema y el criptosistema

El componente fenosistémico es aquel grupo de características que reúne todos los patrones visibles del paisaje, los cuales están compuestos ante todo por aspectos fisionómicos/estructurales externos; entretanto, el criptosistémico es el que corresponde a las características y procesos del paisaje que no son visibles o subyacen a la expresión del paisaje.

En este sentido, los patrones exteriores, visibles, observables (fenosistémicos) son una manifestación y reflejan partes, procesos o interacciones no visibles (interiores) llamados criptosistémicos.

En la práctica, los patrones fenosistémicos se presentan como indicadores de síntesis del paisaje. Análogamente, el fenotipo de un individuo, entendido como la expresión externa, incluida el comportamiento, indica muchas cosas acerca de su sexo, vitalidad, personalidad, estado de salud, edad, etcétera.

Christian (1964), planteó que "es la interacción de los factores formadores del paisaje, más que el parecido o las diferencias de algunas de sus características más patentes, lo que determina la similitud o diferencia entre diferentes sectores del paisaje".

La necesidad de una aproximación integral, que facilite el estudio y la evaluación de las relaciones espaciales que se dan en el conjunto, resulta posible gracias a la detección y el análisis de la expresión sintética contenida en los patrones repetitivos, que a su vez nos permiten acumular experiencia y extrapolar situaciones y modelos".

De acuerdo con Etter (1991), la expresión de un paisaje se compone de dos partes principales:

a. "La Geomorfología, la cual se refiere a todos los aspectos que tienen que ver con el origen y las características de la morfología ligadas al desarrollo evolutivo de la superficie terrestre como son: relieve endógeno y exógeno (morfo-dinámica); arreglo y disposición fisiográfica y, tipos y pautas de patrones morfoclimáticos (Figura 4.1).
b. La cobertura que se refiere a todos los aspectos que forman parte del recubrimiento de la superficie terrestre, ya sean de origen natural o cultural. Generalmente es de origen biótico o bien producido por algún tipo de actividad biótica y/o antropogénica. Estos incluyen a la fisionomía y composición de la cobertura vegetal expresada por las formas de vida dominantes y sus formas de asociación; a coberturas naturales no bióticas (hielo, agua, formaciones superficiales, suelos); a la estratificación de biomasa y coberturas culturales (edificaciones, infraestructura…)" (Figura 4.1).

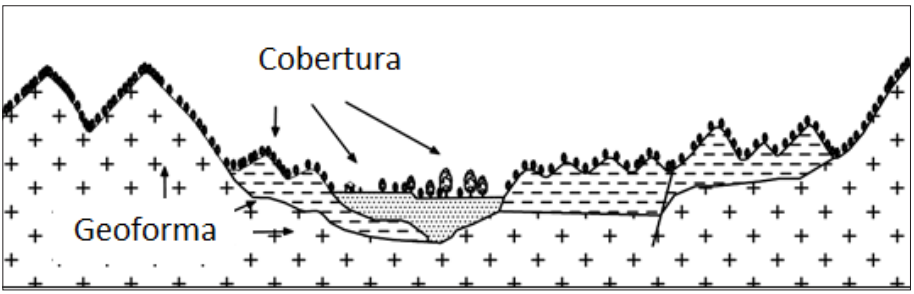


Figura 4.1. Esquema con los patrones emergentes básicos "geoforma y cobertura. Fuente: Etter (1991).

Marco fisiográfico, la noción de localización y diferenciación de los paisajes por su distinta composición

Según Etter (1991) y conforme a las ideas de González (1981), las características estructurales y funcionales de un paisaje están determinadas en su aspecto básico por tres propiedades generales:

- El arreglo fisiográfico (la estructura vectorial).
- El efecto de la localización en la distribución espacial (propiedad equipotencial).
- La estructura de los sitios o lugares (propiedad celular).

Estas cualidades conforman los ejes de ordenamiento y configuración o generan los patrones naturales básicos. En el aspecto funcional las propiedades referidas tienen un efecto marcado en la distribución y en los flujos de materia, energía y organismos en los paisajes como son:

a. Arreglo del ensamble fisiográfico (propiedad vectorial): está basado en la inseparabilidad de las relaciones de la estructura espacial en cuanto a la génesis y la combinación de conexiones entre los componentes. "Esta propiedad es la que define en forma general la disposición de las toposecuencias o asociaciones de relieve de las diferentes geoformas, las cuales determinan comportamientos o patrones repetitivos que en un momento dado son predecibles. Esto es similar al concepto de catena, que lleva implícitos patrones asociativos de topografía, suelos, vegetación

y uso. Esta propiedad está directamente ligada al tipo de sustrato y a su génesis clima, litología, edad, geomorfología, hidrología" (Etter, 1991; véase Figura 4.2).

b. Efecto de la localización en la estructura espacial (propiedad equipotencial): por disposición de la localización, puede insertarse en cualquiera de las variaciones latitudinales y altitudinales de la Tierra, determinando las condiciones climáticas generales, pero con las características de zonalidad (solo para las franjas latitudinales). Etter (1991) establece que las "variaciones latitudinales dependen de la rotación y translación de la Tierra y tienen dimensiones planetarias; las variaciones altitudinales son intrazonales (factor puramente local) y azonales, se originan en las barreras orográficas que pueden acentuar o contrarrestar los patrones latitudinales" (Figura 4.4).

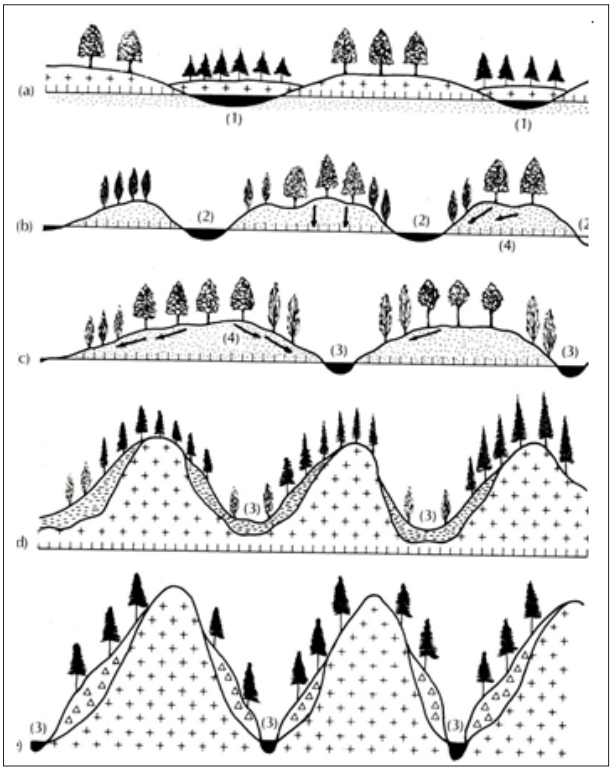


Figura 4.2. Pautas repetitivas del paisaje, que incluye una secuencia o repetición regular de perfiles de vegetación con suelos asociados a las formas topográficas. Fuente: González Bernáldez (1981).

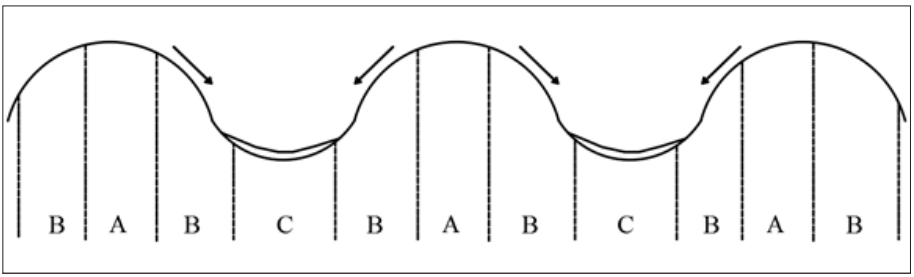


Figura 4.3. La inseparabilidad de la liga espacial y combinación de flujos. Fuente: Etter (1991).

c. Diferenciación de las unidades del paisaje en función de la individualidad de los elementos o de su composición distinta (propiedad celular); es por ello que Etter (1991) establece que: "Esta diferenciación se origina en las discontinuidades de los patrones de distribución del relieve, el sustrato (topografía, litología, hidrología, suelos) debidos a la diversidad litológica, intrusiones, azolves, drenaje, etcétera. Estos determinan las características de azonalidad e intrazonalidad. Otros factores que generan patrones distintos en la composición espacial, son las actividades hu-

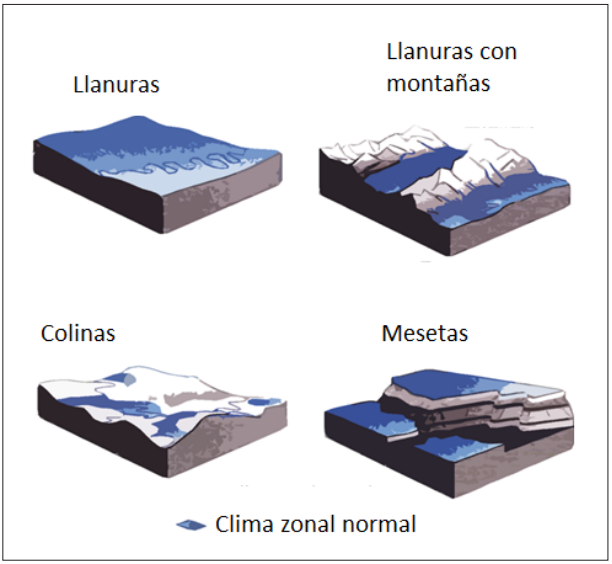


Figura 4.4. Clima zonal y las variaciones intrazonales y azonales.

manas por medio de cambios de uso del suelo, las quemas, urbanización, la explotación de bancos de material formando canteras" (Figura 4.5).

El conocimiento de la estructura es de interés práctico, debido a la valoración que puede realizarse en cuanto la capacidad de cargas e impactos, tanto naturales como de origen humano, que logren actuar sobre el mismo sistema interior entre las partes componentes.

El mapeo para el reconocimiento de los paisajes

Corresponde a la estructura morfológica que define las asociaciones de relieve. Se determina cuando en una vista en planta se obtiene la imagen del gran paisaje, y en él se reconoce un mosaico con diversidad de escenarios que se organizan en un orden jerárquico, en el cual es posible examinar las relaciones geométricas y de configuración de los elementos lineales y la de los polígonos, a partir de los cuales se determinan patrones repetitivos de procesos ligados a las características medioambientales, entre los que se tienen:

Tipo de sustrato: materiales de formaciones superficiales que recubren con un manto de eluvión o cortezas de intemperismo, el sustrato rocoso que puede ser de rocas ígneas, metamórficas o sedimentarias, información que se correlaciona con la estructura geológica correspondiente a un determinado estilo tectónico, según sean de estructuras plegadas, disyuntivo de bloques hundidos y levantados, de bordes destructivos con fosas o constructivos de arco volcánico, de acumulación volcánica, de plataforma de escudo. Esta información se puede obtener a partir de la cartografía realizada por el Servicio Geológico Mexicano y del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI).

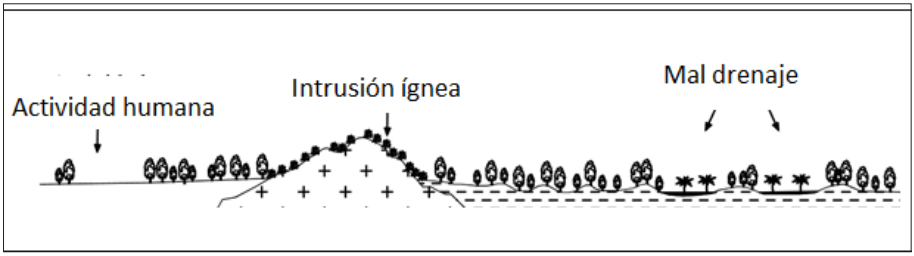


Figura 4.5. Esquema diferenciado del paisaje debido a la diversidad de patrones en la composición del paisaje. Fuente: Etter (1991).

La temporalidad geomorfológica: a fin de dar un enfoque dinámico y evolutivo de la estructura del relieve, con aproximaciones a la edad relativa (morfocronológica), se debe recordar que la geomorfología corresponde en gran parte a la historia geológica del Cuaternario.

El tiempo se extrae de la información geológica contenida en la cartografía mencionada anteriormente. Para los cambios recientes, ocurridos en el Cuaternario y en el Holoceno, se utilizan indicadores como la edad relativa, de la cual se deduce la disposición de las superficies geomórficas de denudación, de erosión y de acumulación, lo que se relaciona con la presencia de suelos sepultados o paleosuelos.

Las superficies geomórficas representan una porción de la superficie de la Tierra, que está definida en tiempo y espacio (Ruhe, 1969), en donde no existen rupturas de pendiente. El terreno forma una superficie de pendiente uniforme y continua, por ejemplo, una bajada o rampa de piedemonte, una plataforma estructural y una meseta, morfología donde es común la existencia de remanentes de superficies antiguas que han permanecido relativamente estables para dar lugar a suelos, formaciones superficiales de eluvión, costras y cortezas de intemperismo, que constituyen superficies comparativamente constantes, que desde el punto de vista fisiográfico, tienen lugar en zonas aisladas de carácter insular, toda vez que se apartan de los flujos de energía física.

Las superficies dinámicas son aquellas modeladas por remoción o por la acumulación, si estas condiciones perduran probablemente las superficies se destruyan o queden sepultadas. Si los sedimentos de cobertura se erosionan a partir de una superficie sepultada, y se expone una parte o todo el suelo sepultado asociado a la nueva superficie, se dice que la superficie ha sido exhumada (Figura 4.6 y 4.7).

Cuando el corte erosivo de una superficie refleja un suelo sepultado, se encontrarán las siguientes probabilidades:

- Un suelo moderno con un suelo sepultado debajo de él.
- Un suelo moderno formándose en un suelo sepultado anterior por la presencia de una superficie exhumada.
- Un suelo moderno formándose en los sedimentos que una vez estuvo debajo de un suelo sepultado.

Los suelos sepultados (paleosuelos) son una referencia histórica para reconstruir eventos del Cuaternario. En algunos suelos o superficies de denudación se forman horizontes con líneas de gravas, que mrcan las superficies antiguas de

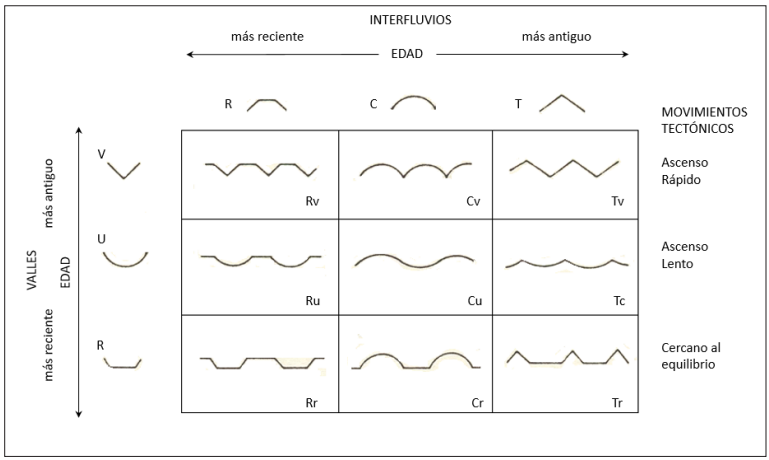


Figura 4.6. Relación idealizada entre interfluvios y valles ligados a la edad relativa del relieve de carácter mesiforme. Fuente: Ortiz y Arding (1991).

Figura 4.7. Relieve montañoso erosivo de laderas configuradas en facetas triangulares, tanto en los interfluvios como en los valles, pendientes predominantemente rectilíneas de alrededor de 30° en un ambiente de clima semiárido. Se reúnen las condiciones propicias de un ambiente de alta energía física para la remoción rápida de suelos delgados remanentes y de escombros. En el nivel cumbral, destacan los afloramientos rocosos y riscos que contribuyen a una elevada pedregosidad de las laderas (Fuente: fotografía del autor, s/f).

Figura 4.8. Línea de grava o bloques que señala una antigua superficie de erosión. Fuente: Mario Arturo Ortiz Pérez.

erosión, ahora sepultadas debajo de los sedimentos sobre los cuales se ha formado el suelo actual.

Otro elemento de análisis se encuentra a partir de la interpretación de la posición en la columna estratigráfica de los distintos estratos geológicos, aprovechando cortes de caminos, canteras, en los lechos fluviales con valles confinados, en afloramientos, tajos y en el registro de pozos en donde:

a. El tipo de relieve por la estructura de las características hidro-geomorfológicas se describe pretendiendo poner de manifiesto las relaciones entre el clima y los procesos que llevan directamente a la morfodinámica, a los ambientes que guían a los mecanismos morfogenéticos en los que se incluye los corrimientos de tierras, la degradación y destrucción de tierras, la remoción por erosión fluvial, eólica y marina, pues en este sistema se engloban todas las modalidades de remoción, transporte y la acumulación.
b. Las condiciones del clima, que se deducen de forma indirecta y aproximada, considerando el tipo de cobertura ligada al medio físico, que nos habla de las condiciones ambientales en la que se desenvuelve una determinada vegetación. Desde luego, complementado, en el caso de México, la información del tipo de clima y los valores de la temperatura y precipitación de la carta de climas se obtiene de INEGI y CONABIO.
c. La formación del suelo. El papel de los suelos se aborda considerando los factores del lugar o sitio del paisaje geomorfológico y vinculado con la formación de suelos. Esto implica el material parental, relieve, clima, tiempo y organismos, incluyendo al hombre, que contribuye también a

formar el suelo. De este modo, las características del suelo están determinadas por la interacción de los cinco factores principales de su formación, los cuales, de acuerdo con Hardy (1950), se transcriben en una síntesis a continuación:

- El clima actúa sobre las rocas para formar materiales de partida. Los procesos involucrados en esta transformación son de carácter físico, químico y biológico, en su conjunto constituyen el proceso de meteorización de las rocas.
- El clima también actúa sobre los residuos de organismos (hojarasca, restos de microorganismos y animales del suelo) para formar humus. Los procesos comprendidos en esta transformación constituyen colectivamente el proceso de humificación.
- El humus es incorporado en la parte superior del material de partida (inicial) del suelo, mediante la actividad de los animales del suelo.
- Siguen otros procesos que incluyen nuevas adiciones, remociones y redistribuciones, que en parte resultan distintos de la meteorización de la roca o se relacionan con el intemperismo.
- El relieve regula el drenaje externo y, por lo tanto, influye en las relaciones de humedad y aeración, las cuales están involucradas en la formación del suelo, especialmente en la oxidación y reducción.
- El relieve también determina de cierta manera el grado de erosión del suelo o la velocidad en la pérdida del suelo de las laderas; por consiguiente, regula la velocidad de acumulación de suelo.
- El tiempo determina la intensidad de formación del suelo por medio de las interacciones que se producen entre la roca madre, los organismos, el clima y el relieve. Los suelos son nuevos (jóvenes), maduros, viejos o seniles. Son sistemas dinámicos y, por lo tanto, sus características cambian con el tiempo.
- Los suelos son objetos naturales, son producidos del medioambiente o "fragmentos del paisaje" (Kellogg s/a).

Tipos de bordes (límites y fronteras) de contacto, clave analítica para descifrar características físicas distintas

Se reconoce la existencia de tres grandes grupos de bordes de contacto; los físicos o abiótico, los bióticos y los mixtos. Los más comunes del paisaje son los mixtos. Los primeros se originan simplemente por los contactos formados entre las orillas

o bordes de los diversos elementos formadores del paisaje, como son los límites de las facetas o unidades naturales del arreglo fisiográfico, y de las diferencias en la disposición del relieve, que se expresan en el terreno como rupturas de pendiente, y de los cuales se derivan tres tipos por su origen:

a. Rupturas de pendiente de carácter tectónico. Por ejemplo, las originadas por procesos endógenos, el desplazamiento de fallas geológicas activas, o la inyección de un domo.
b. Rupturas de pendiente por erosión, sea cual fuera su origen, de socavación, erosión regresiva de cabeceras en una vertiente, el hundimiento de una depresión kárstica o dolina por disolución y colapso, por incisión de corrientes fluviales.
c. Rupturas de pendiente por diferencias litológicas entre rocas deleznables y suaves y la roca coherente y firme, la cual se expresa con una gama amplia de disposición estructural y topográfica en la superficie del terreno (Figura 4.9).

De acuerdo con la Figura 4.10, el control del arreglo fisiográfico regula y guía los flujos y los procesos que intervienen en las condiciones ambientales de los suelos y la vegetación, de forma determinante en la organización funcional. Por ello, el mosaico del paisaje y su infraestructura (vías naturales de flujo) siguen el rol impuesto por la estructura espacial, supeditando así a la naturaleza de los contornos o bordes de las comunidades de hábitats, biotopos y ecotonos.

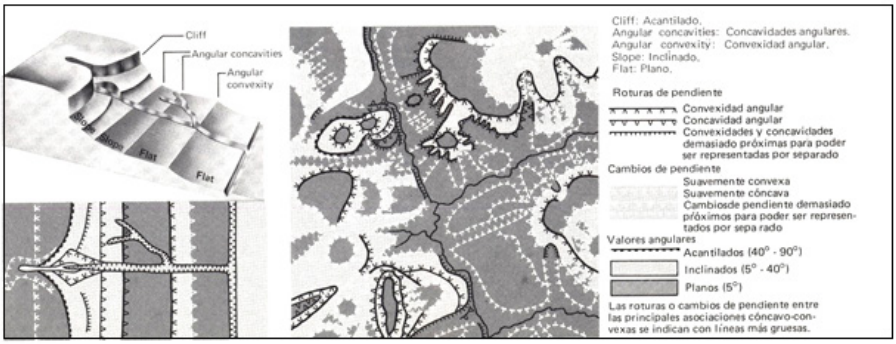


Figura 4.9. Detalle de la distribución y disposición de las rupturas de pendiente que a su vez marcan los bordes de contacto de distinta naturaleza afilada y abrupta, entre los que se mezclan los suaves. Fuente: Savigear (1965, en Rice 1987).

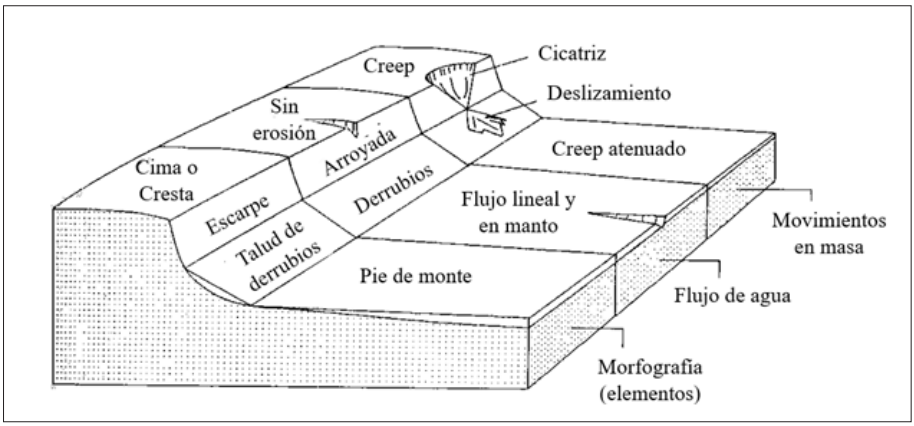


Figura 4.10. Detalle de las rupturas de pendiente separando a los diversos elementos del relieve, sobre los cuales liga a los procesos de escorrentía y de remoción del suelo por corrimiento de tierras, según sea la configuración geomorfológica y la del gradiente del declive de las unidades y elementos. Determinando el orden y dirección de los flujos de energía y materia. Fuente: King (1957), en De Pedraza (1996).

Desde luego, no siempre las fronteras o bordes en el arreglo fisiográfico se ven como un conjunto de zonas de transición y de contacto permeable, requieren del análisis riguroso y específico, porque existen zonas de frontera esfuminadas (Figura 4.10) y otras mejor definidas, y las abruptas a veces forman verdaderas barreras.

Desde el punto de vista temporal, conviene aclarar que las rupturas de pendiente o contornos de la estructura espacial, cualquiera que sea su tipo son efímeros. Ellos parecen perduran cierto tiempo y desaparecen al transformarse con la denudación en un momento dado, se puede crear una ruptura de pendiente mediante la formación de un talud, por ejemplo, debido a la incisión de la disec-

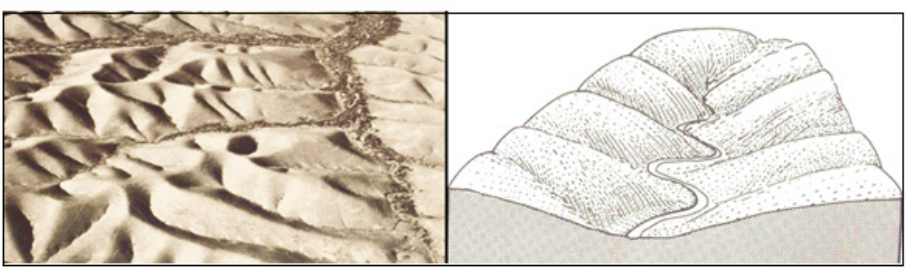


Figura 4.11. Laderas con declives suaves y pendientes con inclinación gradual y continua, sin rupturas de pendiente. Fuente: Twidale (1976).

Figura 4.12. En primer plano, un paisaje de lomeríos con declives de pendiente continua, en donde se observa una densidad hidrográfica alta, con valles que se dispone con un perfil cercano al equilibrio, que permiten una cobertura vegetal de galería.

ción fluvial y también llegar a sepultarlo con la sedimentación, según la tendencia morfodinámica de la unidad natural o faceta, pero siempre se están modelando y transformado.

Guías de reconocimiento del sistema ambiental del modelado de paisajes geomorfológicos

Algunos ejemplos comunes y representativos para el reconocimiento del sistema ambiental de modelado geomorfológico son:

- Ambientes de laderas con erosión, controlados por los procesos de disección fluvial y remoción en masa, modelando laderas de montaña.

Desde un punto de vista funcional, las entradas de energía y materia al sistema de vertientes provienen de la atmósfera a través del clima y, en consecuencia, tienen

lugar la meteorización y los procesos biológicos. La salida del sistema está representada por el sistema de drenaje (Figura 4.13). La misión idealizada del sistema de ladera, junto con la influencia de la gravedad, es la evacuación de las rocas y escombros, que inicialmente fueron preparados por la meteorización. De este modo, los declives de ladera cumplen con el transporte de materiales, a través de la descarga de los elementos en solución, suspensión y arrastre conducida por el agua.

En el balance de energía y materia que entra como proceso de realimentación de las laderas habrá que considerar, además, lo que se encuentra en tránsito, lo que sale y se encuentra regulado por la acción de los procesos de denudación y la resistencia de los materiales de la ladera. De acuerdo con White, Mottershead, y Harrison (1984), en la expresión morfológica de la ladera existen varios indicadores visibles para establecer las relaciones existentes entre el balance del sistema, que se traducen en términos de la forma y gradiente de la pendiente, la geometría de los contornos de la superficie de la ladera, la profundidad y la disposición de la regolita, y los procesos que operan sobre ella son, en parte, el resultado y consecuencia de la herencia de los procesos que operaron en el pasado y que aún ejercen influencia.

Las vertientes se definen, en la estructura espacial, a través de tres características:

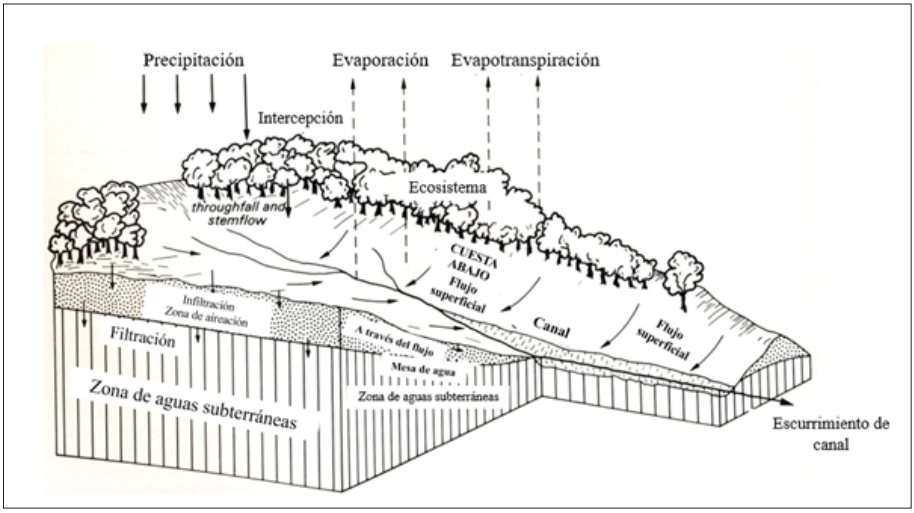


Figura 4.13. La ladera recibe energía de la influencia gravitacional y radiación solar impulsando la combinación de flujos que es transferida al subsistema fluvial, al subterráneo y al atmosférico. Fuente: Ruhe (1975).

- El gradiente que es el ángulo de inclinación de una ladera con respecto al plano horizontal.
- La longitud de la vertiente es medida a lo largo de la dirección del gradiente. La longitud de la vertiente representada en una carta topográfica se establece cortando o cruzando las curvas de nivel en ángulos rectos.
- Amplitud horizontal de la vertiente es la medida que se hace en sentido perpendicular a la longitud de la pendiente, y en una carta topográfica es paralela a las curvas de nivel, que representan el espacio lateral o de contorno periférico.

En las vertientes se identifican tres tipos de pendientes, separados en función de los agentes que intervienen en la elaboración de su modelado:

- Las pendientes de los interfluvios (terreno comprendido entre dos cursos fluviales), modelado por la acción de la denudación representada por el efecto de la erosión o remoción pluvial, la escorrentía difusa y laminar, y la deflucción (movimiento lento del suelo y de las capas sub-superficiales).
- Las pendientes de los saltos de cabecera: declives de arco cóncavo formado por la acción del corte de la erosión regresiva (re-montante).
- Las pendientes de las laderas de los valles, formadas por la erosión del corte vertical y lineal del escurrimiento concentrado.

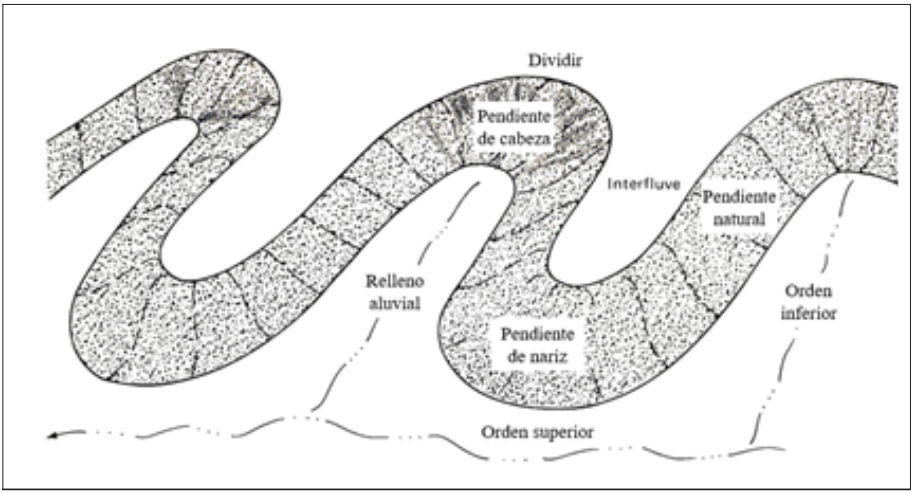


Figura 4.14. Representación esquematizada de los tres tipos de pendientes: a) interfluvios, b) saltos de cabeceras c) declives descendentes de valles. Fuente: Ruhe (1975).

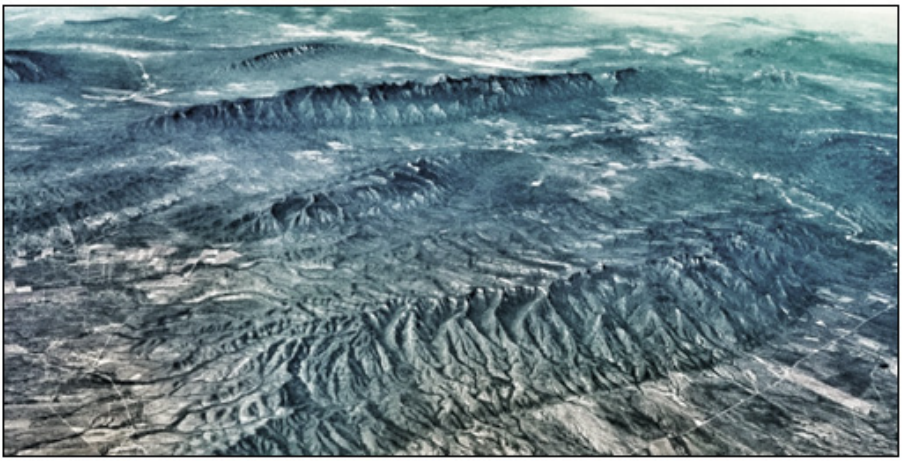


Figura 4.15. En primer plano, laderas pronunciadas diseccionadas casi completamente por laderas de valles de montaña. El contacto con la llanura es tectónico, indicado por el trazo del frente escarpado de la porción terminal de los interfluvios. Fotografía: Juan C. Moya (2014).

Ambientes de disolución kárstica controlados por procesos de disolución de las rocascalcáreas

Estos ambientes se caracterizan por procesos de corrosión química en superficies de escaso declive, destacándose:

- Relieve kárstico denudativo de circulación fluvial superficial. Es el karst superficial con puntos de absorción de formas exo-kársticas que incluye los lapiaz, depresiones, grietas y dolinas corrosivas. Domina la circulación fluvial superficial y la disolución es de distribución local y de densidad escasa.
- Relieve kárstico denudativo-erosivo de circulación fluvial superficial. Coexiste el proceso erosivo y el de disolución con formas de escurrimiento corrosivo-erosivo: procesos de "dolinización" a gran escala y uvalización (conjugación de dolinas-uvalas y generación de poljes).
- Relieve kárstico-denudativo de acumulación residual. En este caso, todo el drenaje es subterráneo, con formación de cavernas o cuencas dispuestas a lo largo de fracturas y juntas de estratificación, y los procesos típicos son la infiltración y el desplome en galerías subterráneas. En superficie, se reconoce

una fase de sedimentación autóctona con relleno de cavidades exo-kársticas y son comunes las elevaciones residuales como mogotes y peñas.

- Relieve kárstico-acumulativo residual de circulación fluvial subterránea. Se presenta como planicies u hondonadas amplias, limitadas por elevaciones calcáreas. Su origen se vincula a ciclos de actividad disolutiva y erosiva que se identifican sobre un relieve negativo de fondo plano, con potentes depósitos eluviales y deluviales, bajo los cuales puede haber cavidades verticales y horizontales, mismas que se disponen en el nivel base de un horizonte impermeable. Cuando la planicie acumulativa es cubierta por potentes depósitos de terrarosa (arcillas no solubles de las calizas), pueden azolvar el nivel superficial, debido a la potencia de estos depósitos, llegando a detener el desarrollo de tales formas, incluso pueden formar cuerpos de agua, debido a la impermeabilidad de la terrarosa (eluvión). Esta expresión del relieve representa la etapa más avanzada de la karstificación, dando como resultado fisonomías de peñas "ruiniformes" aisladas y dispersas.
- Ambientes residuales antiguos, controlados por procesos de baja energía de denudación, sustentados por litologías de zócalo con plataformas tendidas y de remanentes de cubierta sedimentaria, de relieve mesiforme

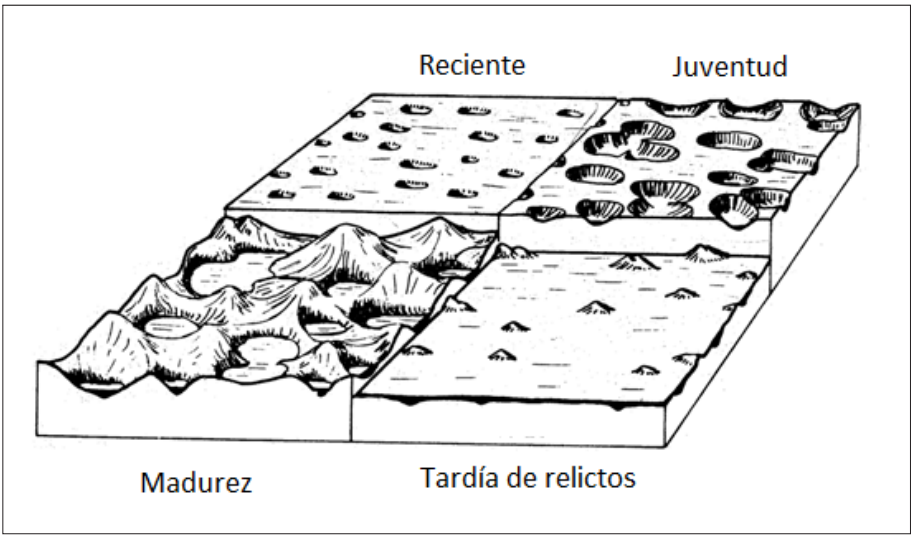


Figura 4.16. Imagen idealizada de las etapas de desarrollo de la evolución kárstica. Fuente: Ruhe (1975).

con vegetación dominante de pastizales en los trópicos secos y de condiciones semiáridas.

Ambientes con características de transición de acumulación detrítica formados por procesos de acumulación sedimentaria

Este tipo de ambientes se caracteriza por procesos de acumulación sedimentaría de detritos, destacándose los subtipos:

- Deluvial, depósitos de lavado.
- Coluvial, depósitos desplazados por influencia de la gravedad.
- Proluvial, depósitos de torrentes.

Estos procesos se desarrollan en las laderas por la acción conjunta de movimientos gravitacionales y de lavado, se difunden al pie de las laderas con depósitos de calibre heterogéneo, modelados por condiciones de acumulación sedimentaría, con una distribución de facies proximales y distales, controlados por procesos mixtos erosivos-acumulativos, dispuestos al pie y al frente de las elevaciones orográficas, caracterizadas por una morfología de colinas aisladas, entre los que se mezclan depósitos proluviales. Los tres tipos de depósito coalescentes forman rampas de transición por arriba de los seis grados de pendiente.

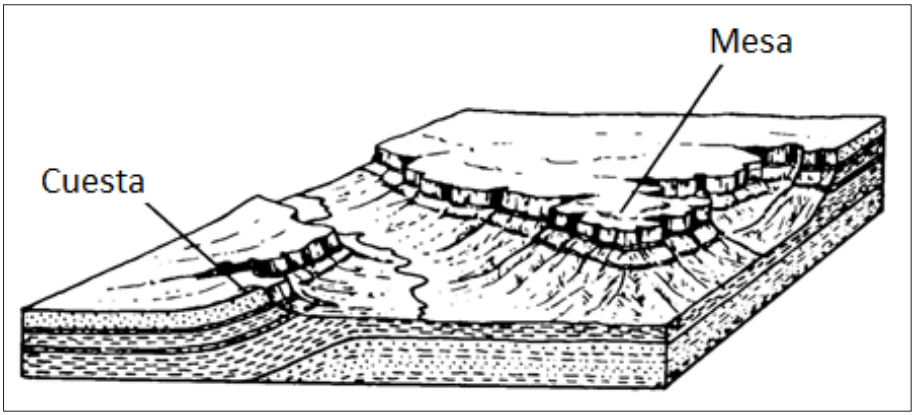


Figura 4.17. Estructuras típicas de ambiente residual. Fuente: Ruhe (1975).

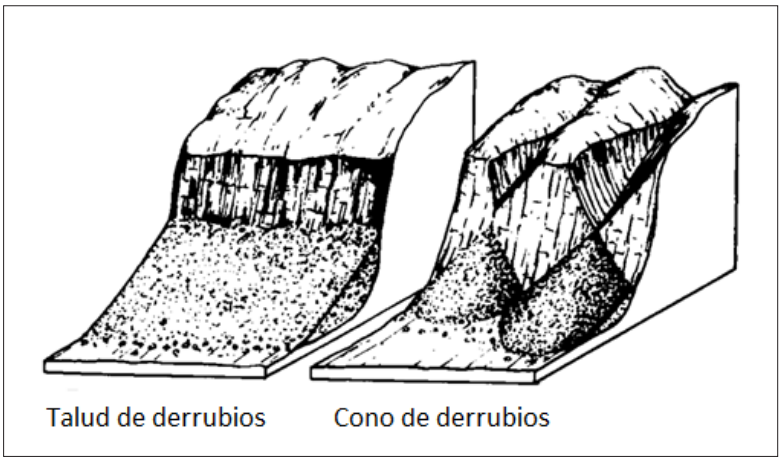


Figura 4.18. Depósitos de talud producto de la influencia de la gravedad formando conos y rampas coluviales. Fuente: Selby (1982).

Ambientes acumulativos de baja energía física, de acreción sedimentaria

Se caracterizan por el hundimiento controlado del terreno, el lavado difuso laminar y de materiales biogénicos particulados acarreados por el agua, por el drenaje deficiente y de carácter arréico, y por la escasa sedimentación detrítica de textura fina y limosa. Formado sobre cuestas de declive tendido de piedemonte y de posición distal, planicies fluviales inactivas, remanentes, lacustres y palustres.

Ambientes fluviales de planicies aluviales

Los principales ambientes que se desarrollan son:

a. Ambiente de planicie fluvial caracterizado por la acumulación de sedimentos de transporte rotacional o de tracción, saltación y suspensión determinados por regímenes hidrológicos y pluviales.
b. Ambiente fluvial léntico con vegetación de galería y pantano (función de corredor biológico) dispuesto en los estilos de relieve residual.
c. Ambiente mixto cuando se conjugan o se yuxtaponen modelados de procesos diversos.

d. Ambiente estructural controlado por la dinámica endógena, a través de hundimientos, levantamientos, determinados por estructuras disyuntivas, así como desplazamientos de rumbo deslizante. En este caso, el mapeo se reduce simplificando el trazo a los elementos lineales.

Por último, cabe señalar que la delimitación entre los distintos ambientes identifica discontinuidades objetivas que permiten establecer los contactos de las relaciones entre los elementos del paisaje.

Balance entre morfogénesis y edafogénesis

Según Tricart (1973, en Rossignol, 1987a y b), los procesos de la morfogénesis dirigen la actividad y la evolución del relieve, mientras la edafogénesis interviene en los materiales sedimentarios y aquellos transformados por la morfogénesis, así la dupla en cuestión interactúa dialécticamente uno sobre otro y ejerce, de manera simultánea, una competencia sobre el mismo medio.

La evolución de los suelos y del modelado del relieve tiene lugar con diferentes velocidades, tal hecho se puede evidenciar a través de la estabilidad o su inestabilidad del paisaje. Así, en los medios estables, los procesos del modelado son de baja energía física y solo retocan el modelado, facilitando la edafogénesis que se orienta en su desarrollo a formar suelos profundos y en el desarrollo de sus horizontes característicos, para evolucionar a un estatus de clímax edáfica o climático, como es el caso de los manglares, arrecifes de coral, del bosque mesófilo de

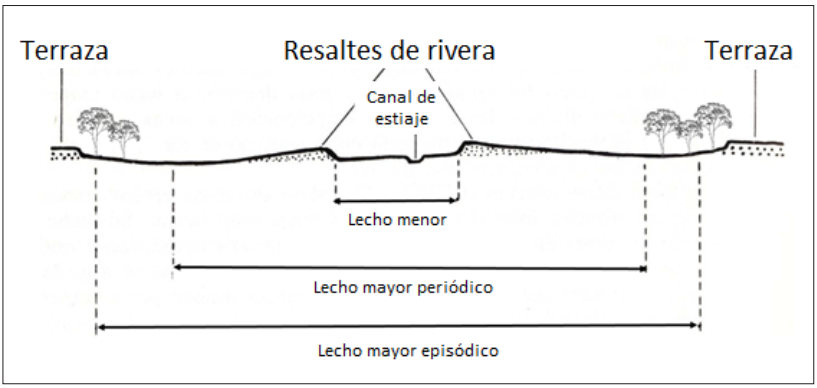


Figura 4.19. Perfil transversal a fin de ilustrar los diferentes lechos fluviales. Fuente: modificado de De Pedraza (1991).

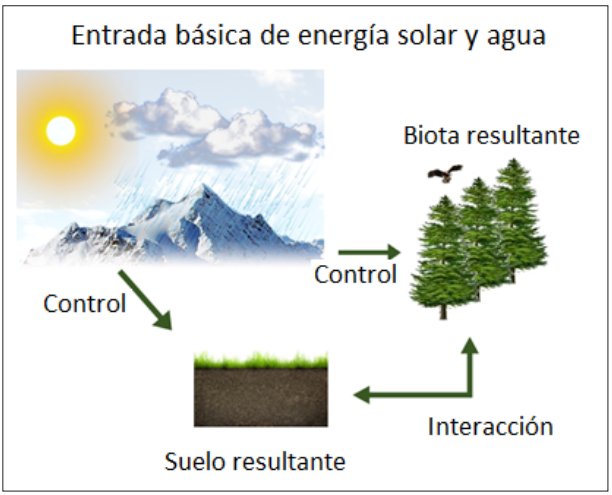


Figura 4.20. Liga morfogénesis, formación de suelos y las condiciones ambientales como soporte de la vida. Fuente: Bailey (1995).

montaña, ciertas selvas caducifolias del trópico seco, vegetación de pantano, de las selvas tropicales húmedas en plena etapa de biostasia, en donde se invierten los procesos, contrarrestando y anulando los factores limitantes de la morfogénesis.

En los medios inestables, sujetos a la morfogénesis, domina una morfodinámica intensa que es impulsada por los climas extremos con variaciones irregulares, donde coinciden con una neotectónica evidenciada por un relieve constructivo en proceso de levantamiento e incluso puede haber la presencia de vulcanismo. Desde luego, habrá condiciones adversas para el desarrollo de una cubierta vegetal y, por lo tanto, la protección del suelo es ineficiente.

Figura 4.21. Marisma de manglar, en términos geomorfológicos llanura de inundación de intermareas. Ejemplo de la biostasia con claro dominio sobre la morfogénesis. Fuente: fotografía del autor.

Cuando la edafogénesis y la morfogénesis son equivalentes e interaccionan en un mismo tiempo y espacio se define en una variedad de facetas con grados intermedios entre medios estables e inestables. Es posible que existan factores limitantes de procesos elementales, como el lavado y la remoción discontinua de suelos, sin que ello afecte el desarrollo del perfil del suelo en profundidad.

En el caso de los medios mixtos morfogénesis/edafogénesis, se evalúan de acuerdo al balance de inestabilidad-estabilidad, a través del gradiente espacial de proximidad; se califica de inestabilidad leve cuando se acerca a los medios estables y, por el contrario, fuerte cuando se aproxima a los medios inestables. Conviene señalar que la extensión cubierta por estos fenómenos suelen ser localizados o generalizados.

El concepto de balance morfogenético lo estableció Jahn (1954, en Christofoletti, 1979), y, según tal propuesta, puede ser enfocado de la siguiente manera: la meteorización y la edafogénesis dominan el flujo de componentes y sustancias en sentido vertical y su acción combinada tiene el efecto de aumentar el espesor de la regolita. Los demás procesos morfogenéticos, como el movimiento de la regolita, el escurrimiento, la deflación, la abrasión del hielo y la abrasión del oleaje en la destrucción mecánica de las rocas, entre otros más, corresponde al traslado lateral, en sentido paralelo (tangencial) sobre la superficie del sustrato.

En los declives de las vertientes, estos procesos tienen el efecto de retirar los escombros detritos de las laderas, promoviendo la reducción del espesor de la regolita, lo que da como resultado un factor más en la denudación del terreno (Figura 4.22).

El concepto de balance morfogenético

Este apartado se trascribe del trabajo de Christofoletti (1979):

> El balance se establece para cada punto de los declives o laderas, en función de los componentes vectoriales verticales y paralelos (Figura 4.22). Así, en el punto "A" de la Figura 4.23, la acción del intemperismo y la edafogénesis es mayor que la retirada del material, entonces el balance es positivo, hay ganancia sobre la pérdida. En el caso contrario, el balance es negativo y habría pérdida de material. Cuando hay equilibrio, el balance permanecerá estable y el espesor de la regolita no se alterará. En los puntos B y C, el balance morfogenético será positivo si se suma la componente vertical, más la cantidad de detritos que provienen de

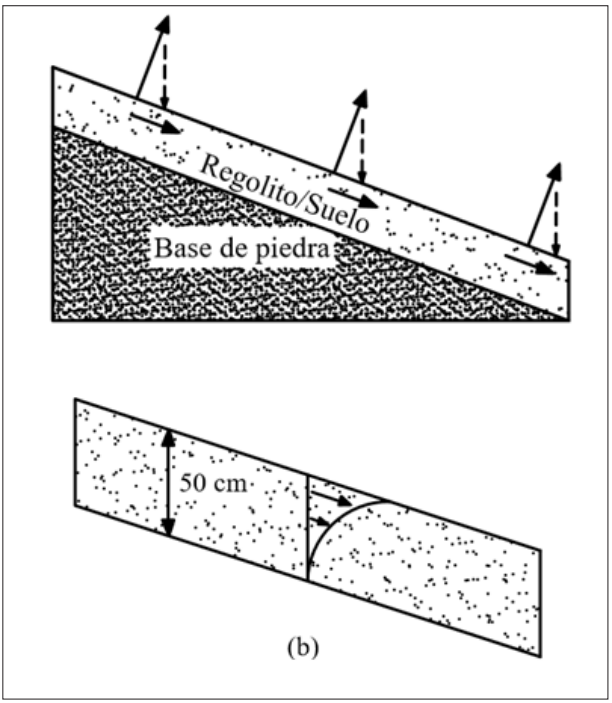


Figura 4.22. a) La reptación del suelo (*creep*) es el movimiento paralelo, b) distribución de la velocidad. Fuente: White *et al*. (1984).

ladera arriba, los cuales rebasan en cantidad a los materiales que se pierden por retirada local. En el caso contrario, el balance será negativo.

Difícilmente se puede comprender la combinación de las interacciones en el terreno inclinado de la vertiente, sin contar con la divisoria y el límite inferior de la base de la ladera y, menos aún, sin considerar lo que pasa en el sustrato a profundidad. Como sistema abierto recibe y pierde materia y energía, como se ilustra en la Figura 4.23.

Por tal motivo, las laderas y la red hidrográfica están ligadas, de forma inseparable, como un mismo sistema al estar continuamente en interacción.

Finalmente, el sistema fluvial es el conductor de flujos de excepcional significancia en el paisaje, de vital importancia para el análisis del geógrafo, mientras para el ecólogo serán de vital importancia los corredores biológicos: el contorno de la barrera de arrecifes, de setos o cercas vivas, ecotonos, etcétera.

Pero el sistema morfogenético no es exclusivo de las vertientes, se aplica a las llanuras que tienen mayores posibilidades de una proporción grande del flujo vertical ante la ausencia de la pendiente, aunque es muy vulnerable a los

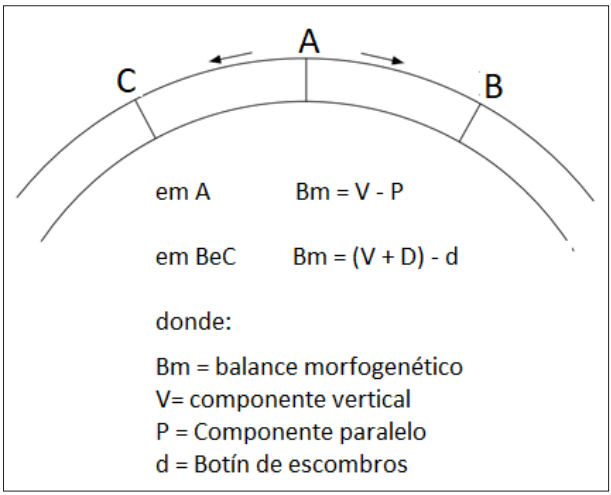


Figura 4.23. Balance morfogenético, según la propuesta de Alfred Jahn 1954. Fuente: Christofoletti (1979).

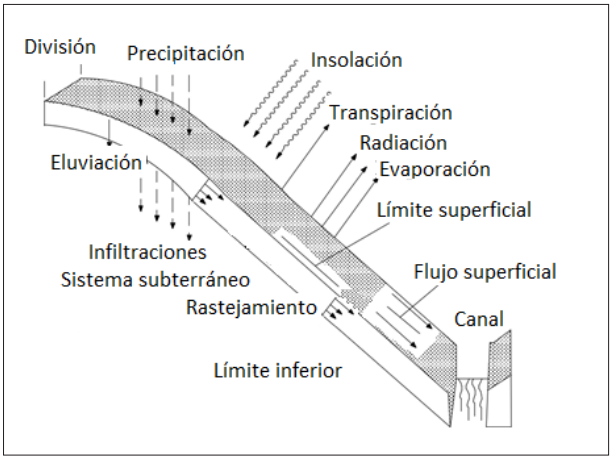


Figura 4.24 Un sistema de la ladera de un valle, con flechas se muestran los flujos, de entrada, de transferencia abierta, de transmisión superficial, sub-superficial y subterránea (Christofoletti, 1979).

vectores de flujo horizontal, como el viento, el hielo, la abrasión, la remoción de los sedimentos de las corrientes fluviales con el pulso de las avenidas, la acreción sedimentaria y los azolves en los cuerpos de agua, entre otras tantas situaciones".

Capítulo 5. Estructura, funcionamiento y temporalidad del paisaje

Prólogo

El autor realiza aquí una exposición de los principales conceptos de la ecología del paisaje. Su enfoque es esencialmente de carácter educativo, transmite la importancia que tiene el paisaje, lo examina de manera integral como un sistema que conlleva una serie de procesos complejos relacionados con múltiples factores físicos, biológicos y antropogénicos en el espacio geográfico. Esta visión permite entender, desde una perspectiva holística, tanto los paisajes naturales como los intervenidos y transformados por las actividades del hombre.

Por lo anterior, el tema orienta y apoya no sólo a los geógrafos y ecólogos, sino también a todos los interesados en las ciencias de la tierra (geología, geomorfología, biología, entre otras) y en las ciencias sociales (sociología, antropología, psicología, historia, por mencionar algunas). Asimismo, estos apuntes constituyen un valioso instrumento, de gran utilidad para profesionales, como geógrafos, arquitectos paisajistas, urbanistas, ingenieros ambientalistas, diversos actores sociales y la población en general, cuyas áreas de trabajo estén relacionadas con la gestión de los paisajes, el manejo ecosistémico, el desarrollo sostenible y, en general, la planificación del territorio.

Se abordan los principales elementos que deben considerarse cuando se trata de analizar o descifrar un paisaje desde el punto de vista espacial, ya que el autor concibe el espacio como el estudio global de una porción del territorio y su organización natural y humana.

La diferenciación espacial de los paisajes se plantea mediante sus características homogéneas, que pueden reconocerse fácilmente a simple vista y, a la vez, pueden diferenciarse simultáneamente de los paisajes contiguos. Además de esta primera aproximación, basada en la percepción, los paisajes se analizan desde su concepción sistémica, es decir, se establecen los aspectos que conforman su estructura y reflejan una imagen superficial, así como los aspectos dinámicos y fun-

cionales que involucran la totalidad de los elementos y componentes ambientales, incluyendo al hombre y donde la temporalidad juega un papel fundamental.

Este capítulo retoma conceptos fundamentales de destacados geógrafos y ecólogos del paisaje como Mateo (1984, 1991, 2000, 2002 y 2004), Dollfus (1978) Forman y Godron (1986), Etter (1991), Saunders *et al.* (1991), Dramstad, Olsony Forman (1996), Burel y Baudry (2002). Consta de dos partes, en la primera se describe uno de los principales componentes del paisaje, la estructura. Asimismo, se tratan los elementos que la conforman, tales como los parches (teselas), los conectores (corredores) y las matrices y se enfatizan las propiedades de los mismos referentes a su estructura, tamaño, número y forma. Se concluye con el apartado sobre la fragmentación, otro de los atributos del paisaje reconocido como la principal amenaza a la integridad del paisaje y la biodiversidad.

La segunda parte del capítulo continúa con los otros dos atributos esenciales del paisaje, el funcionamiento y la dinámica. Se explica el primero haciendo referencia a la interacción entre elementos (parches, corredores y matrices) y los flujos o movimientos de energía, agua, nutrientes, minerales a través de la estructura de dichos elementos. En cuanto a la dinámica, se expresan las características del cambio o transformación de la estructura y el funcionamiento de los paisajes en el tiempo (noción de temporalidad). Esta sección termina con un breve análisis de la estructura espacial funcional y la heterogeneidad del paisaje, y hace referencia a la variabilidad interna del mosaico paisajístico respecto a la diversidad de elementos y complejidad de sus relaciones.

Oralia Oropeza Orozco

Introducción

Desde distintas posiciones y diferentes niveles de altura sobre la superficie terrestre, se observan variados diseños de la composición y el arreglo de las estructuras espaciales, las cuales tienden a tener características definidas.

La composición de la estructura se define mediante la imagen del mosaico (visto en planta) formado por el número y área de los componentes constituidos por las unidades paisajísticas en un territorio dado. A su vez, el análisis de las estructuras del paisaje se fundamenta en el sistema de relaciones entre sus partes componentes.

La estructura morfológica horizontal de los paisajes representa la integración espacial desde la pequeña unidad de clase inferior a la superior, por tamaño y cantidad de contornos. Para ello se proponen cuatro procedimientos:

- Procedimientos para el estudio de la composición de la imagen paisajística.
- Procedimientos para el estudio de la forma de los polígonos de los complejos territoriales (CT).
- Procedimientos para el análisis de la orientación exterior de los polígonos.
- Procedimientos para el análisis de la localización de acuerdo con las ligas de posición y contrasticidad de los polígonos que sustentan complejos territoriales (CT), que poseen una combinación similar a los componentes naturales, litología, estructura del relieve, drenaje, suelos, vegetación.

Sobre este esquema se establecen los siguientes conceptos de Snacken y Antrop (1983, en Mateo, 1991 y Mateo *et al.,* 2004):

- Diversidad tipológica (DT). Se refiere a la cantidad de tipos que se presentan en una unidad o región determinada en relación con el número total de tipos posibles.
- Diversidad corológica (DC). Es la frecuencia de unidades de paisaje en relación al número total de tipos posibles.
- Complejidad tipológica (CT). Se liga al número de grupos tipológicos en una región dada.
- Complejidad corológica (CC). Es el número de unidades de paisaje (contornos) por unidad de área (km^2) en una unidad de paisaje o región.

Dominancia del paisaje

La importancia en la composición de la estructura paisajística se encuentra en la noción de dominancia del paisaje. De acuerdo con Mateo (2001), en la estructura espacial se debe definir el grado de predominio de un determinado tipo de paisaje, y desde el punto de vista del ecosistema existen especies que son más comunes que otras, y se califican como dominantes. Sin embargo, el número de especies dominantes varía muchísimo entre los tipos de ecosistemas. Por ejemplo, en el ambiente mesófilo de montaña se puede llegar a tener entre 18 y 20 especies, con una gran diversidad; en la selva tropical lluviosa puede haber una docena de especies de árboles; un bosque templado de pino puede contener una o dos especies dominantes, ocurriría algo semejante en un campo de dunas, en la vegetación de sabana con el pastizal o el palmar.

La composición se analiza en función del número y área de los componentes (unidades del paisaje) que son indicadores de las características de complejidad o, por el contrario, permiten establecer y medir el nivel de la homogeneidad vinculado a su contenido y a los procesos que en ellos se ocurren.

Para determinar las categorías de dominancia del paisaje se usa el indicador de singularidad, que se obtiene dividiendo uno entre el área de la unidad de paisaje o uno entre el número de contornos que ocupa el tipo dado.

Según la combinación de paisajes, de acuerdo al grado de dominancia, se distinguen las siguientes categorías de paisajes:

- Paisajes dominantes: predomina un paisaje; son paisajes simples y poco heterogéneos.
- Paisajes bidominantes: prevalece un paisaje dominante y un paisaje subdominante de estructura relativamente simple.
- Paisajes en mosaico: con dominancia limitada y estructura compleja.
- Paisajes fragmentados: sin dominancia o subdominancia evidente, y una amplia cantidad de paisajes raros y únicos, con una estructura compleja y heterogénea (Figura 5.1).

Figura 5.1. Contraste entre ambientes extremos, el medio marino, el borde de manglar, con una planicie de inundación y al fondo una franja de selva baja seguida de un blanquizal de inundación.

La jerarquía en la composición de la estructura paisajística

Para determinar las categorías de dominancia del paisaje puede usarse el indicador de singularidad, que se obtiene dividiendo uno entre el número de contornos que ocupa el tipo dado, o entre el área. Se definen las siguientes categorías de dominancia del paisaje:

- Paisaje dominante: es el que ocupa la mayor área en un contexto territorial dado (una unidad superior de la taxonomía de los paisajes, o sea, a nivel de localidad o región, una unidad político-administrativa; una cuenca hidrográfica, etcétera). Los valores del coeficiente de singularidad (Ks), en general, son menores a 0.05.
- Paisaje subdominante: es el paisaje que ocupa el segundo (o tercer lugar) en cuanto al área en un contexto territorial dado. Los valores del coeficiente de singularidad oscilan entre 0.25 y 0.5.
- Paisaje raro: que ocupa áreas limitadas, en pocos ejemplares. El coeficiente de singularidad es entre 0.5-0.75.
- Paisaje único: un solo ejemplar en áreas muy reducidas. El coeficiente de singularidad es entre 0.75-1.0.

En el proceso de la transformación antropogénica de los paisajes es usual distinguir dos tendencias en cuanto a la modificación de la estructura paisajística y el cambio de los parámetros de la geodiversidad.

La homogeneización de los paisajes

La homogeneización del paisaje se encuentra determinada por la imposición de un mismo tipo, grado de uso y estilo tecnológico en paisajes diferentes. Ello conduce a la simplificación de la estructura paisajística y la reducción de la geodiversidad. Esta tendencia es característica de las grandes plantaciones y haciendas y de los procesos de modernización tecnológica en el uso y manejo de los recursos naturales.

Calcular qué tipo y grado de uso, y la correspondencia de la diversidad del uso con la estructura natural del paisaje, es una tarea fundamental del análisis geoecológico. Sin embargo, estos cálculos tienen que hacerse en articulación con el análisis funcional y el evolutivo. Ello se debe a que la estructura del paisaje es el soporte que propicia un funcionamiento y determina la capacidad de autorregulación de la estabilidad (homoestática) y la evolución del sistema.

Así, la optimización de la organización espacial del paisaje implica la búsqueda de la proporción areal óptima (tamaño, forma, ancho, largo) de los tipos e intensidades de uso en dependencia de las características de la estructura y de los indicadores de la geodiversidad.

El análisis estructural de los paisajes representa, de tal modo, un conjunto de procedimientos y de métodos encaminados a determinar la geodiversidad paisajística o diversidad geoecológica (geodiversidad).

Por geodiversidad paisajística se comprende la variedad, tanto tipológica como individual, de los paisajes en un territorio dado. Ella es el resultado de la interacción dialéctica de la diversidad de los componentes que integran el paisaje, y tiene un carácter histórico-genético, por ello es considerada como una medida del "invariante" de paisajes. Por invariante (sello distintivo) del paisaje se considera la formación estructuro-funcional de un paisaje, propia de condiciones geoecológicas dadas por la herencia de un período de la evolución paleogeográfica (Mateo, 2000).

La geodiversidad es un fundamento material sobre el cual se sostienen y desarrollan otras categorías de la diversidad de la Tierra. Por ejemplo, la biodiversidad y la diversidad socio-cultural. Así, variaciones de una de las categorías de diversidad de la Tierra se reflejan en las restantes categorías.

La geodiversidad se manifiesta, a través de los diferentes indicadores de la estructura vertical y, en particular, de la estructura horizontal (su composición, fraccionamiento, heterogeneidad, organización, forma de la imagen, contrasticidad y vecindad).

La estructura inherente a cada paisaje incluye determinados arreglos de la geodiversidad. Estos atributos sistémicos del paisaje tienen una relación dialéctica con los atributos de funcionamiento, dinámica temporal y evolución. Así, si cambiara la estructura espacial, la reacción correspondiente dará como resultado una modificación de los atributos genético-funcionales y dinámico-evolutivos.

Las formas características de los contornos

Se utilizan procedimientos morfográficos y morfométricos (tamaño, forma, disección, sinuosidad, longitud de borde) así como la configuración a fin de descifrar la fisonomía, la estructura interna (la geología) oculta por la cubierta externa de vegetación, los suelos, los sedimentos o el uso del suelo.

Contrasticidad del paisaje

Se distinguen diseños de patrones diversos en función del arreglo de disposición y distribución fisiográfica, contrastando con las unidades naturales del paisaje.

Cuando se genera una secuencia de unidades de forma eslabonada, en cadena, las discontinuidades de las diferentes unidades o elementos del paisaje son generalmente de bajo contraste o poca diferencia en las características (Figura 5.2).

Mientras los elementos de la estructura del terreno se dispongan con mayor gradiente de pendiente y se distribuyan con una geodiversidad desigual e irregular en el espacio y, en la medida que adquieran mayor altura orográfica, se determina un alto contraste de diferenciación de elementos que se relacionan con mayores y más intensos flujos de energía y materia.

Estructura espacial de comunidades

La interacción entre la estructura y el funcionamiento es el objetivo fundamental de la ecología del paisaje. Los cimientos de esta liga se deben a Forman y Godron (1986), determinada por la relación simple de intercambio de energía, materia e información (EMI) sobre la naturaleza de la superficie terrestre a través de un modelo sencillo de las relaciones parches (teselas)-conector y matriz (Cerdán, 2009).

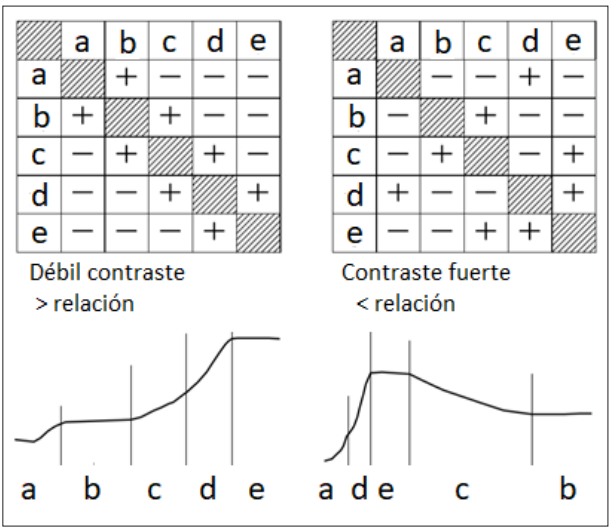


Figura 5.2. Caracterización según el grado de contrasticidad en el perfil de la secuencia de unidades; en donde se representa: a. valle; b. pendiente de acumulación; c. pendiente de transporte y reptación; d. pendiente de meteorización y caída; e. cima con superficie de denudación planar; (+) presencia de vecindad; (-) carencia de vecindad. Fuente: modificado de V. A. Nikolalev, en Mateo (2001).

Estructura espacial de los parches (teselas)

Los elementos de paisaje tipo parche (tesela) se definen como una superficie no-lineal de tamaño variable que difiere fisionómicamente de sus alrededores y que posee un grado de homogeneidad interno (Etter, 1991).

Los parches varían de acuerdo con su tamaño, forma, tipo, heterogeneidad, número y sus características de borde. Generalmente están inmersos en una matriz de características contrastantes en cuanto a fisonomía y composición.

Las características y la dinámica evolutiva de un parche dependen básicamente de su origen, de los mecanismos causantes. En este sentido pueden reconocerse cuatro tipos (Etter, 1991):

1. Parches de perturbación: resultan de la perturbación de un área pequeña dentro de una matriz. Pueden ser de origen natural o cultural, y se diferencian según sean de tipo eventual (aleatorios) o crónico (predecibles) (Figura 5.3).

   Entre las perturbaciones de tipo crónico, que dan origen a parches de perturbación más o menos estables, se cuentan, por ejemplo, las inundaciones recurrentes, el pastoreo, las quemas cíclicas, etcétera.

   Los parches pueden crecer o expandirse o, lo contrario, pueden desaparecer como resultado del cambio originado por una perturbación que puede ser por la quema, los herbívoros, el congelamiento, la dinámica geomorfológica y las fluctuaciones ambientales. Por la dinámica que desarrollan tienden a ser efímeros, existen por un cierto periodo de tiempo; por ejemplo, la perturbación de un bosque con *gaps* de aclareos por desforestación reciente, supone una estructura que contiene condiciones

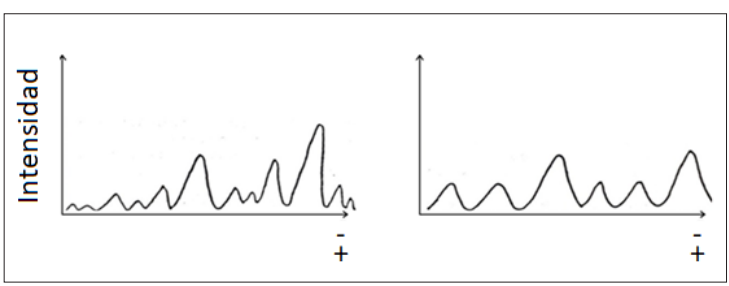


Figura 5.3. Patrones temporales de perturbación. A la izquierda: aleatorio/irregular; a la derecha: crónico/regular. Fuente: Etter (1991).

y especies de una fase sucesional temprana; es decir, el sitio o mancha, donde ha cambiado el ambiente, tornándose menos favorable para las especies residentes y propicia para nuevas especies invasoras y la iniciación de vegetación secundaria, entremezclando especies de distinta edad o circundadas por vegetación madura de edad mayor.

2. Parches remanentes o residuales: son aquellos que resultan de la perturbación extensa de una matriz, que deja una serie de "islas" no afectadas en su estado original. Las características y el origen de este tipo de parche son opuestos a los de los parches de perturbación, motivo por el cual los distingue un aspecto importante, la escala de la perturbación local, donde el tipo remanente es más severo, ya que solo deja islas de la matriz original (Etter, 1991).

   Estos parches o islas, por lo general no son representativos del ecosistema original en su composición biológica, y muchas veces no son unidades reproductivamente viables y autosuficientes, lo cual crea un fenómeno de extinción de especies durante un lapso variable después de la perturbación hasta que se logra un nuevo equilibrio.

   Las especies que se extinguen en el área, generalmente, son aquellas de poblaciones poco numerosas que tienen requerimientos territoriales grandes. El período de ajuste para llegar a una nueva fase de equilibrio se caracteriza por una alta dinámica de especies en cuanto a emigración, inmigración y desaparición.

   Los parches remanentes pueden ser causados tanto por perturbaciones azarosas como crónicas, y generalmente, los de origen crónico tienden a disminuir la diversidad del área en mayor grado.
3. Parches de recursos ambientales: son parches que resultan de diferencias generalmente debidas a las características y variaciones del sustrato en cuanto al material parental o a la hidrología. Son de carácter más estable que aquellos resultantes de perturbaciones. Los bordes o ecotonos de los parches con contacto hacia la matriz pueden ser abruptos o graduales, a diferencia de otros parches en los que es más común que sean abruptos. Entre menos abrupto el cambio de parche a matriz, mayor es el movimiento de especies (Etter, 1991) (Figura 5.4).
4. Parches introducidos: se encuentran relacionados –en su mayoría– con la actividad humana a través de la introducción de especies animales o vegetales durante las actividades agropecuarias o de urbanización. Por lo general, se acompañan de actividades crónicas para su mantenimiento,

Figura 5.4. Estructura de parches de recursos ambientales, con contornos de borde definidos por una franja periférica de gramíneas circundante a la mancha central. Fotografía del autor.

como perturbaciones culturales lo cual evita que pueda progresar una sucesión que homogenice el área.

Los parches también se analizan en función de su tamaño, número y localización ya que tienen efectos marcados en la diversidad y la dinámica de los mismos.

Aspectos del tamaño del parche (tesela)

Una de las características más conspicuas de un parche es su tamaño. Su función y viabilidad (existencia) están estrechamente relacionadas con la superficie que poseen, de tal modo que la energía y nutrientes de estos son proporcionales a ladimensión que tienen; sin embargo, no están homogéneamente distribuidos en su interior, presentándose gradientes negativos o positivos del borde hacia el interior dependiendo del caso (Etter, 1991).

Hacia el borde, la biomasa tiende a ser menor, pero la productividad neta mayor; así el balance energético depende de la relación borde/superficie, la cual cambia de acuerdo con el tamaño. Se ejemplifican estas propiedades, la importancia del tamaño y el haz de relaciones.

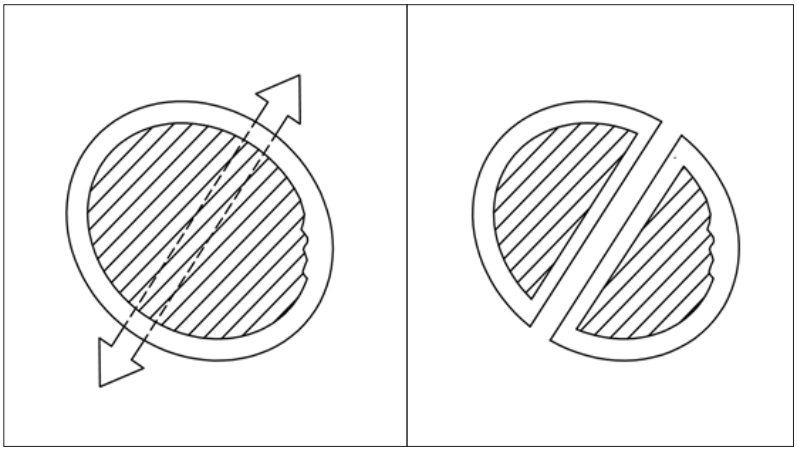


Figura 5.5. El tamaño y la liga en relación con las especies del interior y del borde. Dividiendo con un corredor el parche de gran extensión, en dos más pequeños, se origina una extensión adicional del contorno o ecotono. Considerando que el parche tiene una alta población, con la nueva expansión se aligera el gran número de especies y se asegura la transición del borde de amortiguamiento con la expansión adicional del ecotono en la mancha insular. Fuente: Texto modificado de Dramstad *et al*. (1996).

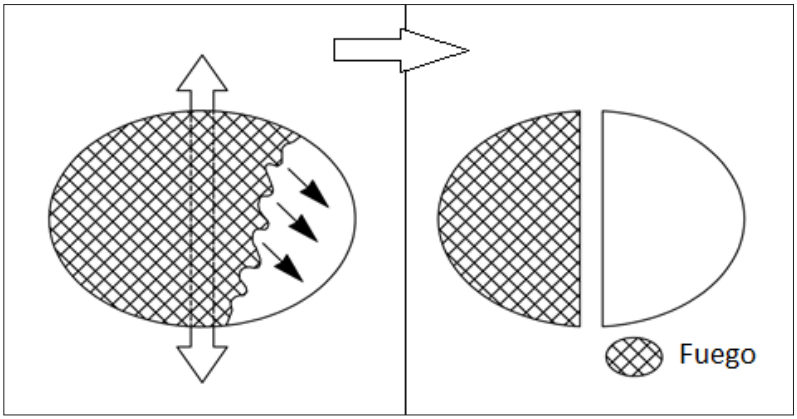


Figura 5.6. Al dividir el parche en dos pequeños se induce la creación de una barrera que limita la expansión del disturbio, como en el caso de las quemas, conocidas como brechas contrafuegos. Fuente: Dramstad *et al*. (1996).

Figura 5.7. Nótese la matriz conteniendo dos parches de "Petenes". El detalle de la estructura anular y concéntrica del contorno (ecotono) en la mancha. Cuenta con una excelente definición, expresada por la diferente composición o diversidad y de mayor talla en las especies del interior. Condición atípica. Fotografía del autor.

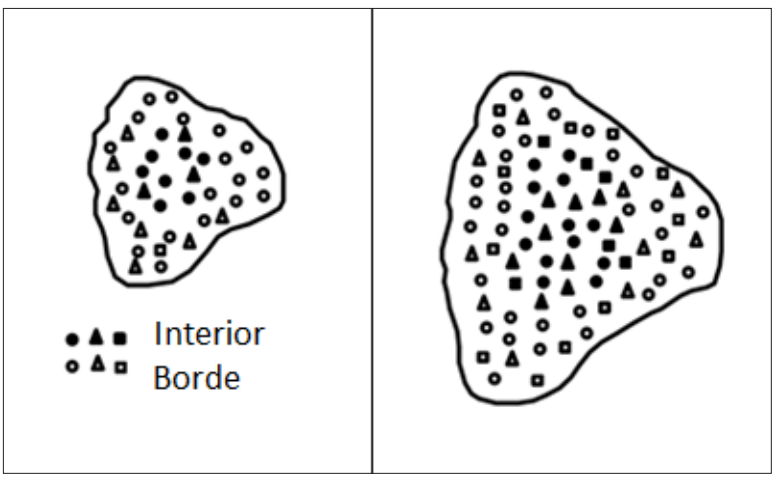


Figura 5.8. Grandes parcelas de vegetación natural son las únicas estructuras en un paisaje que protegen los acuíferos y las redes interconectadas, sostienen la población viable de la mayoría de las especies interiores; proporcionan el desarrollo del hábitat; permiten regímenes de disturbios casi naturales. Fuente: Dramstad *et al.* (1996).

Dividir un parche grande en dos más pequeños disminuye el tamaño de la población y el número de especies del interior; en ocasiones estos cambios de descarga son estratégicos para la conservación.

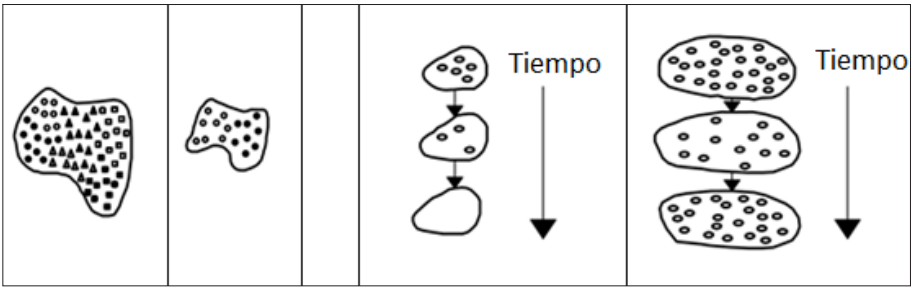


Figura 5.9. Un parche grande tiene un número mayor de especies y una población más grande. A la izquierda, en la situación "A" la superficie extensa del parche permite una mayor carga en diversidad de especies, porque tiene más nichos o hábitats presentes que uno chico. En "B", además de tamaño amplio, cuenta la forma eslabonada-encadenada, ambos atributos espaciales de forma y sin presión de alteración humana facilitan la presencia de la vegetación natural que protege a los acuíferos y queda interconectado al sistema de la red hidrográfica sustentando la viabilidad de la población incluso del interior al quedar el centro protegido menos vulnerable, siempre ligado a las características geomorfológicas adecuadas o propicias. Fuente: modificado de Dramstad *et al*. (1996).

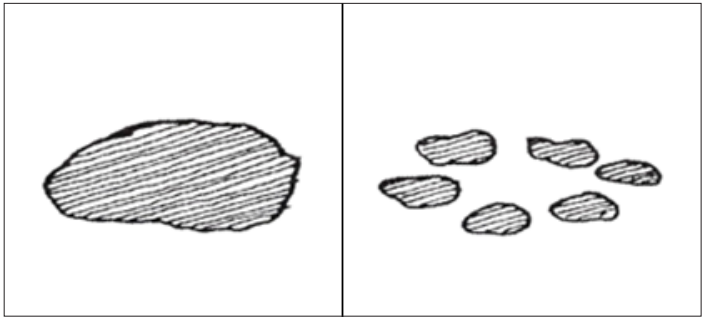


Figura 5.10. Los parches de tamaño pequeño también tienen beneficios solo si la configuración es de una hilera de parches y tiene un diseño de lazo, ya que así se asegura la circulación de especies en movimiento. En un momento dado pueden tener especies poco comunes que en parches grandes están ausentes o, en casos inusuales, no son apropiados para algunas especies, por ejemplo, mamíferos. Es por ello que estos arreglos de estructura espacial proveen beneficios del capital natural que los parches grandes. Fuente: modificado de Dramstad *et al*. (1996).

Figura 5.11. Al fondo, en segundo plano, arreglo de manchas encadenadas y en hileras. El primer plano puede conjugarse con el segundo, formando una trayectoria de lazo con diversos patrones. Fotografía del autor.

De esta manera, podemos especular que la probabilidad de extinción de especies es grande si el parche, como hábitat, es de escasa superficie y de condiciones pobres o de factores limitantes para la vida.

En otro orden de ideas, y considerando la Teoría de "Biogeografía insular", se puede decir que la diversidad de parches varía; de acuerdo con Etter (1991), se puede expresar:

Diversidad (S) = F (+ diversidad (heterogeneidad) del hábitat,-perturbaciones, + área, + edad, + heterogeneidad de la matriz, - aislamiento, -bordes abruptos) + relación positiva, - relación negativa

Este hecho, obviamente, tiene grandes implicaciones para el diseño de reservas naturales y en general para el manejo ecosistémico.

La importancia con respecto al número de parches

La remoción de parches causa pérdida del hábitat y reduce el tamaño de la población de especies; cuando un parche de enlace se pierde, se divide el arreglo estratégico de la conectividad entre los dos grupos de parches, incrementando la posibilidad de extinción de especies (Figura 5.12).

Forma de un parche

Este factor tiene un efecto importante sobre la diversidad y la dinámica de un parche. De acuerdo con la forma que tenga un parche de una superficie dada, variará la relación borde/superficie, lo cual tiene implicaciones marcadas sobre la composición y los gradientes energéticos que se crean hacia la matriz circundante. A este fenómeno se le conoce como "efecto de bordes" (Etter, 1991). Las características del borde dependen además de las condiciones internas de un parche, de las condiciones externas como orientación, exposición, insolación, vientos y, principalmente, el declive, entre otras.

Los patrones de heterogeneidad son generalmente los elementos de paisaje conformados por parches no son individuales sino que varían, además de su forma y tamaño, por su número y el tipo de configuración; esto depende de los patrones de sustrato y/o de los patrones de perturbación. La ubicación y las distancias entre uno y otro implican diferencias en composición y dinámica.

En general, un parche grande es más diverso que la suma de varios parches pequeños del mismo tipo porque:

- Todos tienen especies típicas de borde.
- Todos tienen especies típicas de interior.
- Sólo superficies suficientemente grandes contienen especies sensitivas o más especializadas hacia el interior.

Contorno y forma de los parches

Usualmente los parches o manchas de forma redondeada guardan cierta proporción en el tamaño de las poblaciones del interior con respecto a la franja periférica del borde. En cambio los parches curvilíneos o sinuosos, con mayores salientes y entrantes pronunciadas, difieren en el tamaño de las poblaciones debido a que

con este arreglo se induce a que el contacto de borde sea más ancho; ambos factores, la sinuosidad y la anchura se combinan para dar la posibilidad de que exista una alta proporción de los hábitats de borde, incrementando el número de especies en el contorno. Por otra parte, la inter-digitación por medio de entrantes y penínsulas que penetran y se sobreponen en la otra unidad, facilitan una interacción entre ambos parches, o entre el parche y el espacio circundante de la matriz.

Los paisajes de alta diversidad poseen una elevada heterogeneidad espacial cuando existen diferentes usos de la tierra dispersos en la matriz. En una relación

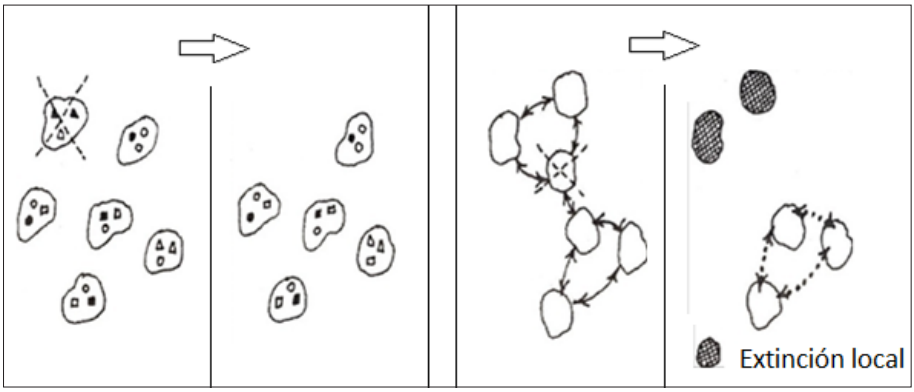


Figura 5.12. Remoción de parches. Fuente: Modificado de Dramstad *et al*., 1996.

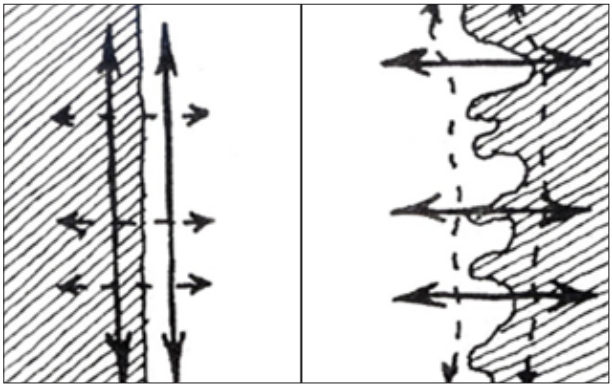


Figura 5.13. A la izquierda, efecto de barrera con flujo paralelo al contacto abrupto; derecha, mayor flujo de intercambio en el contacto sinuoso. Fuente: Modificado de Dramstad *et al*., 1996.

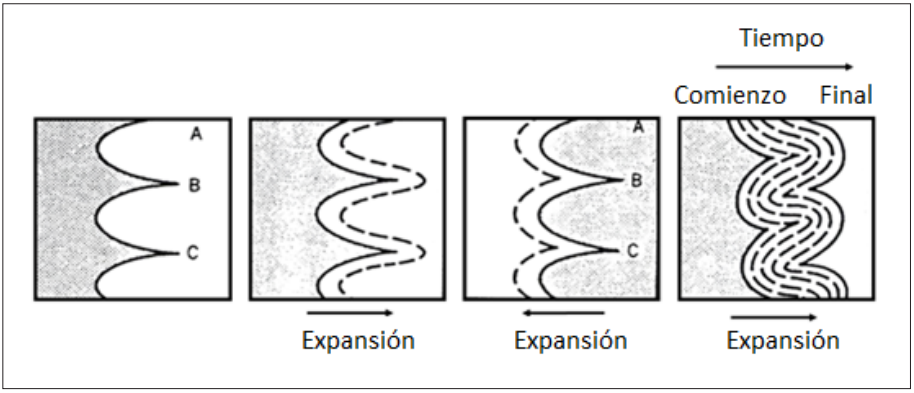


Figura 5.14. Contorno y la forma de los bordes (cóncavos y convexos). Fuente: Forman y Godron (1986).

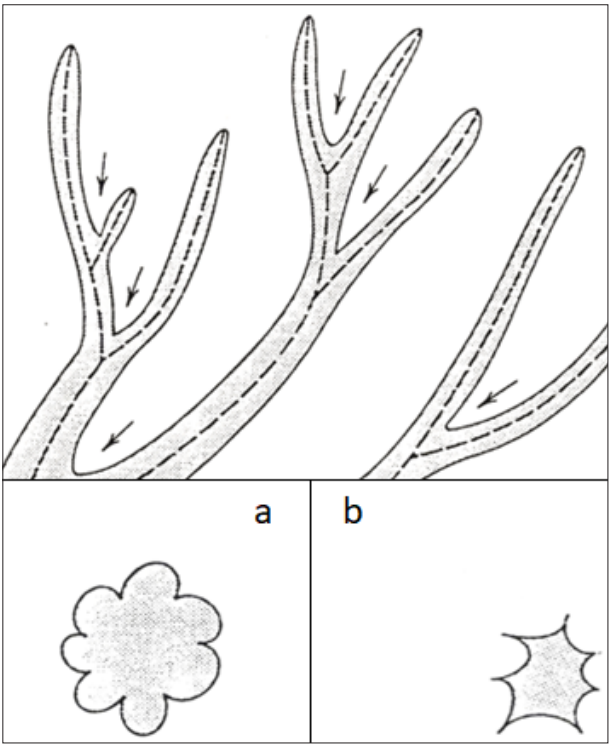


Figura 5.15. Parte superior. Un elemento de expansión en un área ambientalmente heterogénea. Parte inferior. a) parche en proceso de expansión y b) parche en proceso de reducción. Fuente: modificado de Forman y Gordon (1986).

inversa, un paisaje homogéneo ésta representado por un solo tipo de uso de la tierra.

La localización, o presencia de manchas (parches) en el contexto del paisaje, pueden indicar un beneficio o un deterioro en el funcionamiento del paisaje. Por ejemplo, unos remanentes boscosos dispuestos entre una amplia matriz de pastizales. En contraste, un terraplén en contacto con un humedal puede tener un impacto negativo, dada la sensibilidad de la ciénaga.

Estructura del arreglo espacial de los conectores (corredores)

Los conectores son un segundo tipo de elemento estructural-funcional de un paisaje, definidos como una franja angosta y alargada, de forma y dirección variable que atraviesa una matriz y difiere de ella. Las propiedades generales de los conectores en un paisaje son las de unir o bien separar elementos dentro de una matriz geográfica (Etter, 1991). En general, muestran condiciones fisionómicas y de composición bien diferenciables de la matriz circundante. Pueden ser de origen natural o cultural; sin embargo, tienden a ser más conspicuos en paisajes culturales. Los conectores (corredores) naturales están directamente relacionados ya sea con redes de drenaje, con las vías de migración animal, o bien con condiciones particulares del sustrato por diferencias litológicas (fallas o contactos) o hidrológicas (Etter, 1991).

Los corredores culturales, por su parte, están determinados principalmente por aspectos relacionados a la infraestructura y a las actividades de transporte o de límites de propiedad o áreas de manejo.

La función espacial de los conectores

Las funciones del conector son variables, pero están muy relacionadas con la canalización del flujo de materia, especies y energía a través del paisaje. La forma como cumple esta función depende de:

- La homogeneidad y regularidad del corredor.
- El número de nodos o bifurcaciones y rupturas en el corredor.
- El tipo y características de la red de la que forme parte.

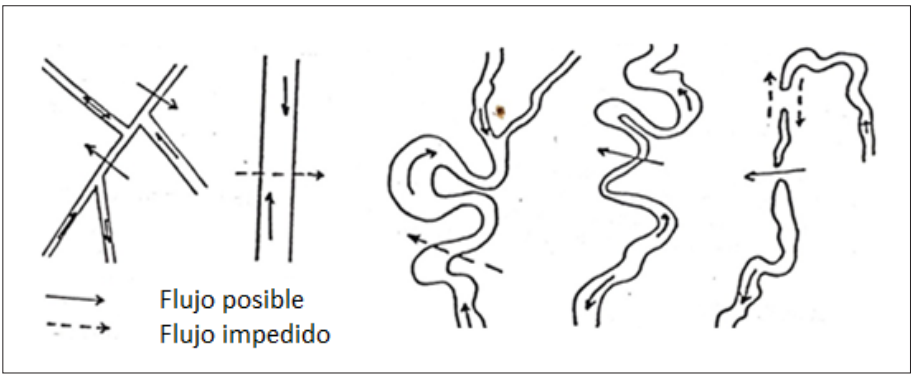


Figura 5.16. Diferentes tipos de corredores. Fuente: Etter. (1991).

De acuerdo con las anteriores características un conector (corredor) juega los siguientes papeles:

Hábitat, nuevos refugios (por ejemplo, un estuario).

- Conductor. Es uno de los encargados de trasladar energía, materia e información. Su papel es el de captar (recoger), asimilar, transformar (diluir), almacenar y transferir.
- Barrera física, separando otros elementos.
- Conectando elementos entre sí. Puede conducir la dispersión de organismos, germoplasma, biomasa, escombros, sedimentos, agua y nutrientes, entre muchos más.
- Aislando un(os) elemento(s), creando islas biológicas.
- Efecto de sumidero o de almacén (asimilar).

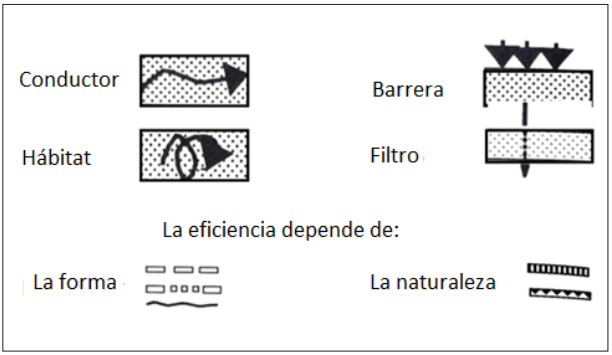


Figura 5.17. Las funciones de los conectores. Fuente: modificado de Burel y Baudry (2002).

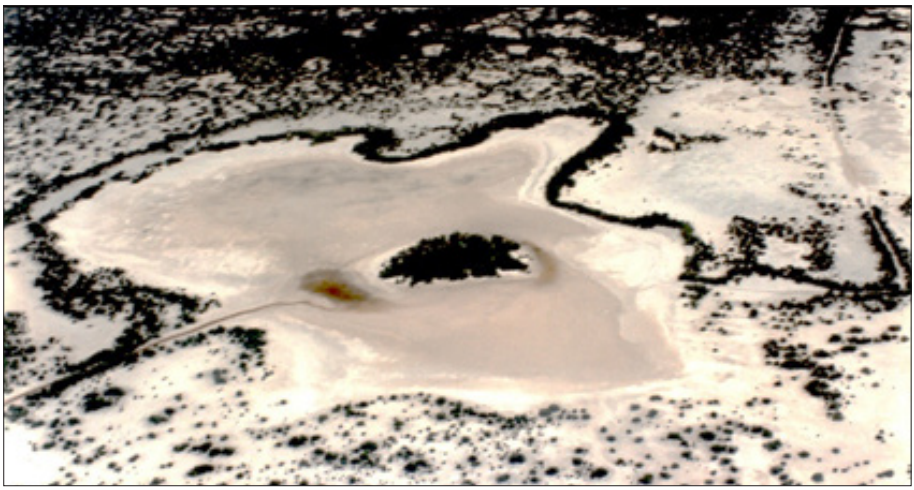


Figura 5.18. Arreglo singular de la estructura espacial que se observa en el primer plano al centro. Un parche de manglar anidado o incluido dentro de otro parche, este último limitado por un cerco vivo de manglar de borde de escasa talla o chaparro. Fotografía del autor.

Figura 5.19. Planicie de inundación limitada por un escalón de manglar de borde. Fotografía del autor.

Los corredores son esenciales en el comportamiento de los flujos, juegan el papel de conductores, facilitando el paso de individuos dispersores de una mancha a otra, el de frenarlos o amortiguarlos mediante barreras porosas, donde juegan entonces el papel de filtro, o deteniéndolos (papel de barrera), entre otras más (Figuras 5.18 y 5.20).

Los corredores se organizan en redes (setos o cercas vivas, red de caminos, red hidrográfica). Para describir estas redes se toma en cuenta el tipo, número y densidad de elementos lineales y su conectividad se mide por el número de conexiones e intersecciones que es el número de nudos, es decir, lugares donde los conectores se entrecruzan. El número de conexiones se relaciona con el número de uniones entre corredores en crucigrama de intersecciones (Burel y Baudry, 2002).

De los tres elementos estructurales básicos que componen un paisaje, parches, corredores y matrices, este último es el más extenso y el más interconectado, por lo que adquiere un papel dominante en el funcionamiento de un paisaje, al constituir el soporte básico que garantiza la existencia del paisaje (Etter, 1991).

Se define como matriz de un paisaje aquel elemento que ocupa la mayor área relativa.

El papel y la extensión de la matriz dependen mucho del tipo particular de paisaje. En general, podemos encontrar desde paisajes donde domina claramente un elemento matricial, con unos pocos parches y corredores diseminados, hasta aquellos compuestos casi enteramente por parches que forman un mosaico muy complejo. La mayoría de los paisajes, sin embargo, se ubican hacia el medio de estos dos extremos (Etter, 1991).

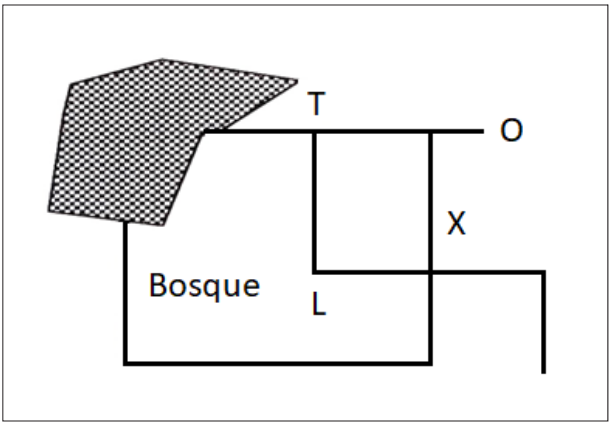


Figura 5.20. Tipo y número de conexiones (cercas vivas). Fuente: Burel y Baudry (2002).

Figura 5.21. Imagen de una llanura de cordones arenosos de antiguas playas. Aquí la pregunta obligada es si en tal paisaje la matriz tiene una estructura lineal de rastrillo formando conectores (caños) entre bordos arenosos.

Para identificar una matriz se pueden emplear los siguientes criterios:

a. Extensión areal relativa: la matriz o fondo debe ser el elemento de área más extenso.
b. Grado de homogeneidad relativa definida por un tipo específico y característico dominante.
c. El mayor grado de conectividad de la matriz; el elemento de superficie areal más conectado (menos fraccionado) del paisaje.
d. La mayor conectancia (permeabilidad) facilita que los flujos de EMI crucen y transiten en la Y.

Un concepto muy relacionado con la conectividad es el grado de permeabilidad (porosidad) de una matriz. La permeabilidad es la medida de la densidad de parches presentes en un tipo de paisaje (Figura 5.23).

La heterogeneidad se refiere al arreglo diverso de las características de un territorio, ya sea por su tamaño, forma, disposición espacial, por la naturaleza de su composición y distinto origen (Figura 5.22).

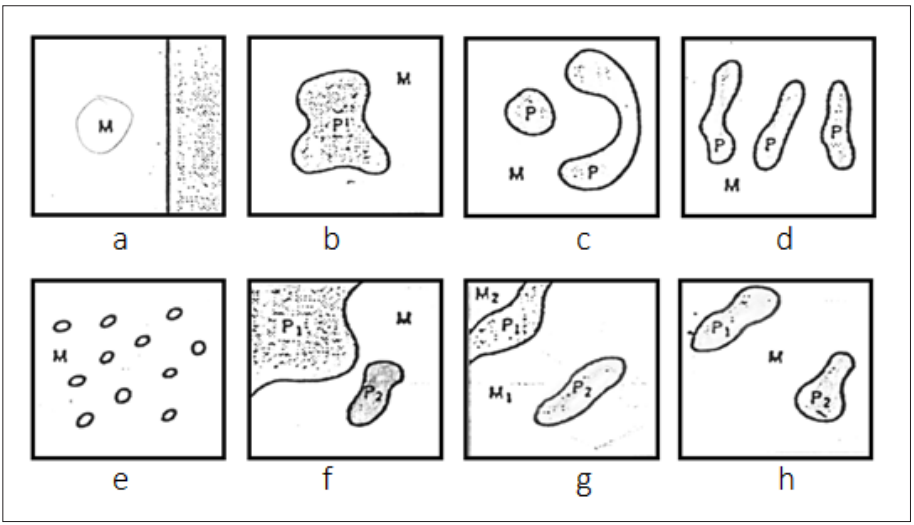


Figura 5.22. Permeabilidad (porosidad) y conectividad de la matriz: M = matriz, P = parche. a) es el simple caso en que la permeabilidad es = 0. En el caso de b) la permeabilidad = 1. El caso c) la permeabilidad = 2. En d) la permeabilidad = 3. En e) la permeabilidad = 11. En f) la permeabilidad = 2. Hasta aquí, en todos los casos la conectividad de la matriz es completa, pero, no es claro si el tipo M o P deberían ser la matriz. En el caso g), la permeabilidad = 2 y la conectividad es incompleta. Por el contrario, en h) la permeabilidad es de 2 y la conectividad es completa. Fuente: Forman y Godron (1986).

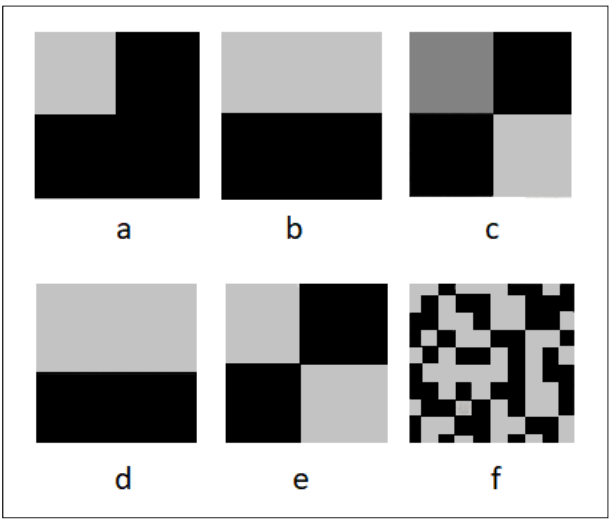


Figura 5.23. Componentes de la heterogeneidad. Entre a y c la heterogeneidad aumenta como consecuencia de un cambio en la proporción y el número de manchas; de d a f aumenta por una variación en el reparto espacial de estos parches o manchas. Fuente: Burel y Baudry (2002).

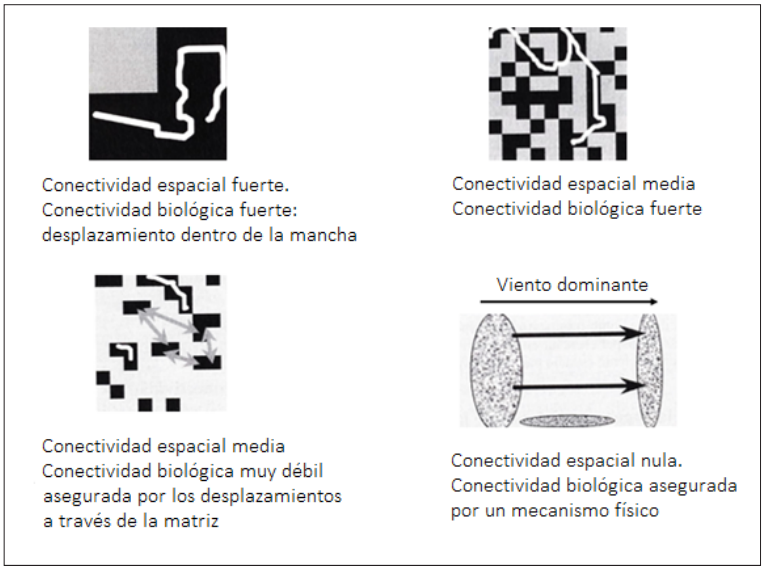


Figura 5.24. Variaciones de la conectividad espacial. Fuente: Burel y Baudry (2002).

Mosaicos y configuración de redes

Sin duda, la integridad estructural y funcional del paisaje puede ser entendida y evaluada en términos de conocer el arreglo de mosaicos con diferente escala y dimensiones, de los diversos tipos de patrones y la conectividad del sistema natural presente. Los corredores a menudo se interconectan con otras redes encerrando a otros elementos del paisaje, de esta manera, los arreglos de redes tienen diferentes grados de conectividad, formando circuitos, otras veces formando una malla de celdas de tamaño semejante (parcelas).

La configuración de redes adquiere un importante significado en el funcionamiento de los paisajes, pues su comprensión permite tomar decisiones para facilitar o inhibir los flujos y el movimiento a través del paisaje.

La fragmentación

Se asocia con la alteración, la pérdida de la cobertura vegetal y el aislamiento del hábitat; también es considerada como la causa de la transformación del terreno a través de los procesos de desmonte, de cambios de uso del suelo, construcción

de infraestructura que corta al hábitat del parche en dos parches, dividiéndolo e induciendo la contracción y merma de las poblaciones. Ambos, tanto las redes de infraestructura como fragmentación en teselas, inducen a una reducción y aislamiento de nichos ecológicos.

Hay que recordar que la fragmentación resulta también de disturbios naturales, tales como incendios, plagas, destrucción de tierras por erosión, y desde luego la actividad humana que propicia la alteración con la transformación continua de la fragmentación, en donde se puede llegar a tener paisajes con relictos de vegetación nativa inmersos en una matriz agrícola por ejemplo, o de otro tipo de intervención, con reacción en los cambios de intercambio de los flujos de radiación, de agua o humedad y nutrientes. Las repercusiones sobre la biota, de acuerdo con Etter (1991), son:

- El tiempo de aislamiento del fragmento.
- La distancia hacia otros fragmentos (proximidad).
- El tipo y grado de conexión entre fragmentos.
- El tamaño del fragmento. Entre mayor tamaño menos influencia de la matriz.
- La forma del fragmento.

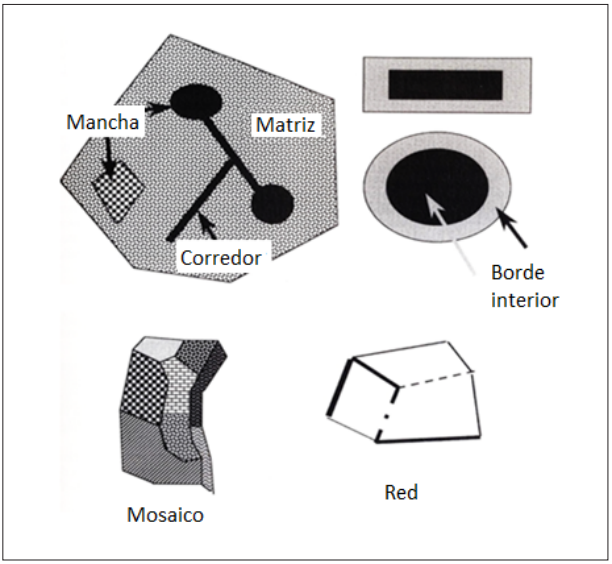


Figura 5.25. Los tipos de la composición del paisaje. Fuente: Burel y Baudry (2002).

- La posición del fragmento en el terreno de acuerdo a la función que desempeña, como puede ser la fuente, almacén, transito, emisión, receptor, transformador, que guarda la huella de su estado y caracterización original, la cual repercute sobre los procesos posteriores a la fragmentación.

De acuerdo con lo anterior, la gestión de los paisajes fragmentados exige:

- Una gestión con el conocimiento de la dinámica interna de los fragmentos.
- Manejo del intercambio de influencia externa del uso de las zonas circundantes.

En un resumen general diremos que la matriz contiene las manchas (parches) y conectores (teselas como elementos lineales). El conjunto de manchas constituye un mosaico y el conjunto de corredores una red. En ambos casos anteriores se puede diferenciar un borde (contorno) que interacciona de forma intensa con la matriz o fondo, o las manchas vecinas, y un centro o medio interior, donde las interacciones son débiles o escasas. Cuando más alargadas son las manchas, mayor es la proporción de la influencia del borde al interior (Burel y Baudry, 2002).

La disposición espacial del mosaico y las redes constituyen el arreglo del paisaje y son la referencia para diferenciar y comparar desde el punto de vista estructural (Burel y Baudry, 2002).

Funcionamiento y temporalidad del paisaje

La estructura funcional del paisaje consiste en el conocimiento de los tipos de interacción entre los factores formadores de paisaje y los elementos de paisaje (agua, suelo y vegetación), y la combinación de tipos de interacción, las intensidades y las direcciones de los flujos de energía, materia y especies.

El funcionamiento cumple con determinadas acciones o procesos, es decir, con un determinado trabajo que consiste en el intercambio de sustancias y energía que se trasladan entre los componentes del propio paisaje y con los paisajes adyacentes (Figura 5.26). Los procesos de la función se reproducen con determinada regularidad y constancia, como mecanismos que intentan establecer un

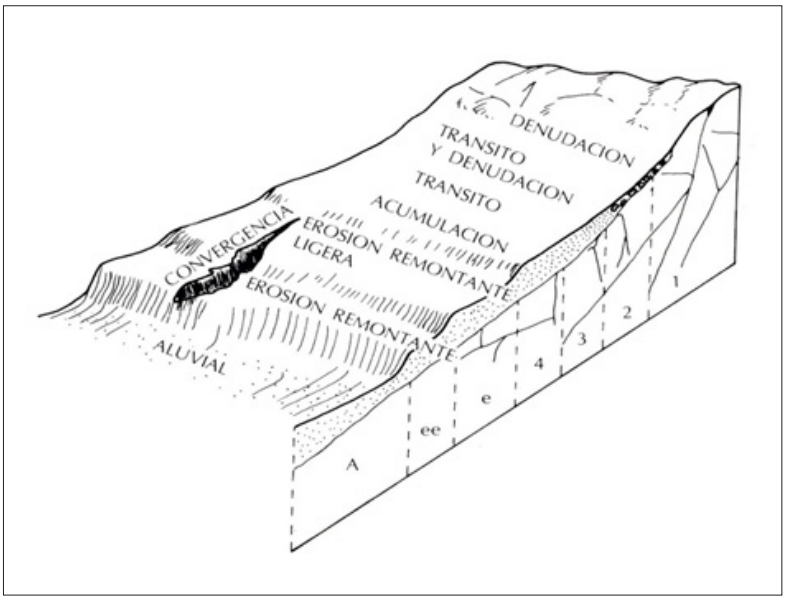


Figura 5.26. Tipos de dinámica en la transferencia de materiales. Fuente: González (1981).

nivel de equilibrio de flujos, de regular la acción de agentes del modelado, de mantener los ciclos biogeoquímicos entre un sinnúmero de procesos.

Conviene puntualizar que la estructura y el funcionamiento forman una dupla, que intractúa dialécticamente, en el sentido o dirección del desarrollo evolutivo de su transformación, cuando los límites y los componentes de la estructura se modifican, cambian y se transforman las estructuras, al reaccionar estas constantemente unas sobre otras, condicionándose de forma recíproca (Figura 3.28). Es aquí, entonces, cuando interviene el proceso de autorregulación, es decir, la aptitud de la estructura para adaptarse de acuerdo con el sistema dinámico del funcionamiento (Dollfus, 1978). Por su parte, la estructura espacial está conectada de forma morfológica horizontal (espacial) para controlar o regular el funcionamiento.

Categorías ambientales morfodinámicas

Tienen lugar sobre el terreno de las superficies geomórficas del paisaje, a nivel de unidades naturales y facetas, que se distinguen por:

- Formar un cuadro ambiental particular por sus características microclimáticas guiadas por los factores indirectos del clima, la exposición, altura relativa, tamaño, pendiente, geometría y longitud del perfil longitudinal y una distribución determinada.
- Contar con características homogéneas de morfología, bajo pautas de expresiones repetitivas del micro-relieve, en donde la mayor parte de las veces se disponen con un gradiente continuo con la misma pendiente, el tipo de formación superficial, suelos, etcétera.
- Tener lugar la modalidad de unos procesos con efectos físicos propios.

Finalmente, Piaget (1974; en Dollfus, 1978) escribe que: "la estructura es un sistema de transformaciones que presupone unas leyes en cuanto a este sistema dinámico de cambios, que conserva o se enriquece gracias al propio juego

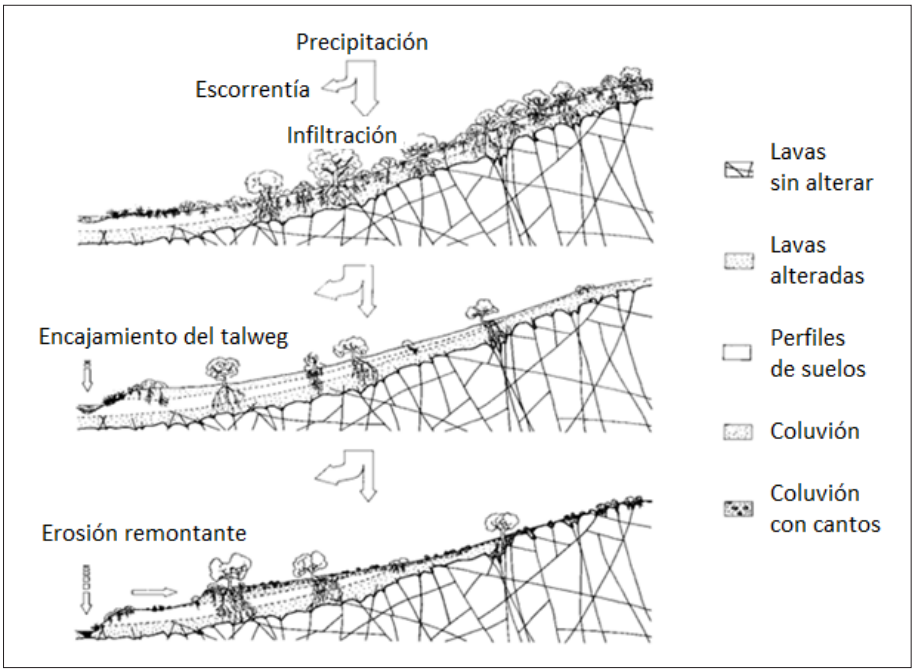


Figura 5.27. Traslado de materiales sedimentarios hacia las partes bajas de la vertiente, erosión regresiva y encajamiento del lecho fluvial, pérdida de suelos y de vegetación en la porción superior. Fuente: texto modificado de González (1981).

de transformaciones, sin que estas alcancen más allá de sus fronteras o tengan necesidad de elementos externos".

Aspectos de la cartografía

El mapeo de los arreglos de distribución distintiva y tipológica, producto del análisis de la localización, la extensión y la distribución se relaciona con la disposición, exposición, el contexto de la composición, la forma de los contornos o bordes, la orientación exterior de los bordes (contornos) y la situación de los contornos (relaciones de posición y contrasticidad).

La noción de temporalidad, el enfoque dinámico-evolutivo

Como cualquier otro sistema material, le es propio el cambio al experimentar un proceso continuo de desarrollo que se acompaña con la modificación de sus partes estructurales, mismas que representa la dinámica del sistema.

De esta forma, la noción de temporalidad se refiere al estudio de los patrones de la dinámica de cambios de la estructura y del funcionamiento en el tiempo. Puede haber cambios cíclicos y cambios unidireccionales.

La dinámica del paisaje se define como los cambios reversibles del estado del paisaje y, de hecho, son el reflejo de la estabilidad, entendida como el estado de equilibrio dinámico.

El desarrollo evolutivo de los paisajes se define como el cambio irreversible; su análisis implica determinar las propiedades más estables de los paisajes, es decir, conocer la clave de invariabilidad que es el indicador que permitirá medir el grado o susceptibilidad de cambio del paisaje. El armazón de invariabilidad representa la estructura de solidez, la que no se modifica y no cambia con los cambios reversibles.

Cuando existen cambios de las estructuras más estables es cuando el sistema se conduce a un salto de cambio cuantitativo de un estado a otro. El desarrollo se acompaña de cambios graduales irreversibles que conducen a cambios de la estructura del paisaje, determinado ya sea por los factores externos o internos (Mateo, 1991).

El análisis evolutivo del paisaje se contempla desde dos enfoques: el histórico y el genético, que consisten en determinar la paleogeografía y edad de los complejos naturales; para ello se emplea el análisis retrospectivo de la estructura y el

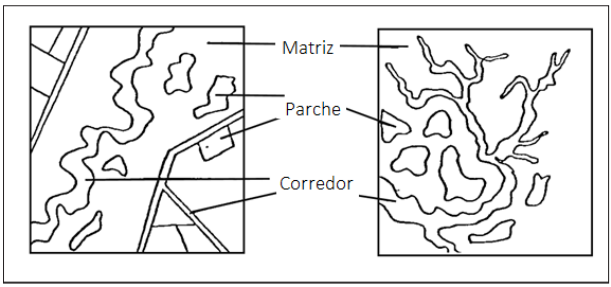


Figura 5.28. Estructura espacial (horizontal) del paisaje. Fuente: Etter, 1991.

evolutivo dinámico, que se deduce de la dinámica sucesional de los sistemas; este análisis, a su vez, se apoya del contexto espacio temporal.

Análisis de la estructura espacial-funcional

Las propiedades de estructura-funcionamiento y temporalidad arriba descritas son los aspectos básicos que rigen los ejes del ordenamiento de los elementos de paisaje en las diferentes áreas del planeta. Desde el punto de vista estructural-funcional general, en un paisaje cualquiera se pueden encontrar tres tipos de elementos (Forman y Gordon, 1986; en Etter, 1991):

- Elementos tipo parche.
- Elementos tipo corredor.
- Elementos tipo matriz.

La forma de agrupación, heterogeneidad y dominancia de cualquiera de los tres tipos de elementos son característicos para cada paisaje, mismos que, a la vez, le imprimen propiedades funcionales propias.

Los patrones y su configuración están íntimamente relacionados con el concepto de heterogeneidad espacial, tanto a nivel macro como micro.

La heterogeneidad del paisaje

La heterogeneidad del paisaje varía no sólo en función de la escala, sino también de los grados de heterogeneidad intrínsecos de cada paisaje, de tal forma que la heterogeneidad la podemos definir como el todo del paisaje, formado por una

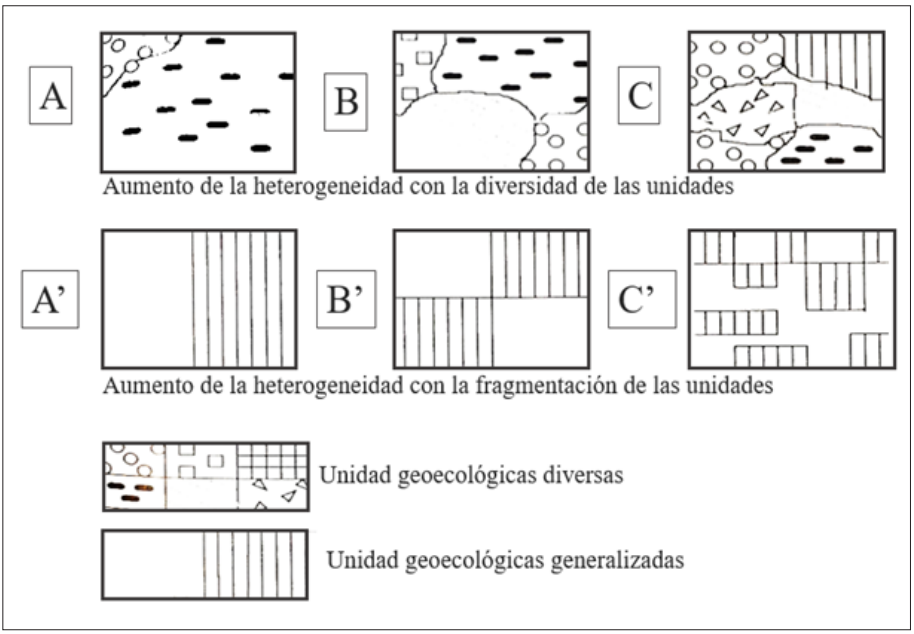


Figura 5.29. Representación gráfica de la heterogeneidad. Fuente: Baudry (1986).

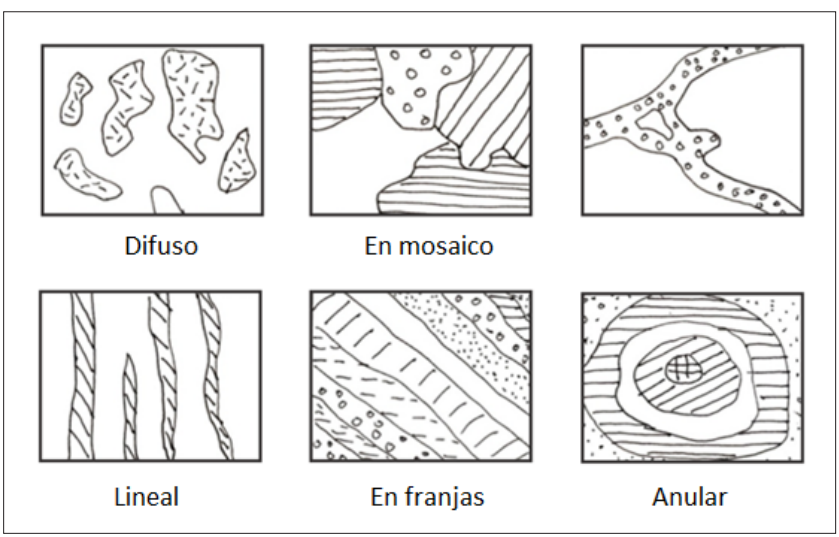


Figura 5.30. Patrones de configuración geométrica del paisaje. Fuente: Mateo (2004).

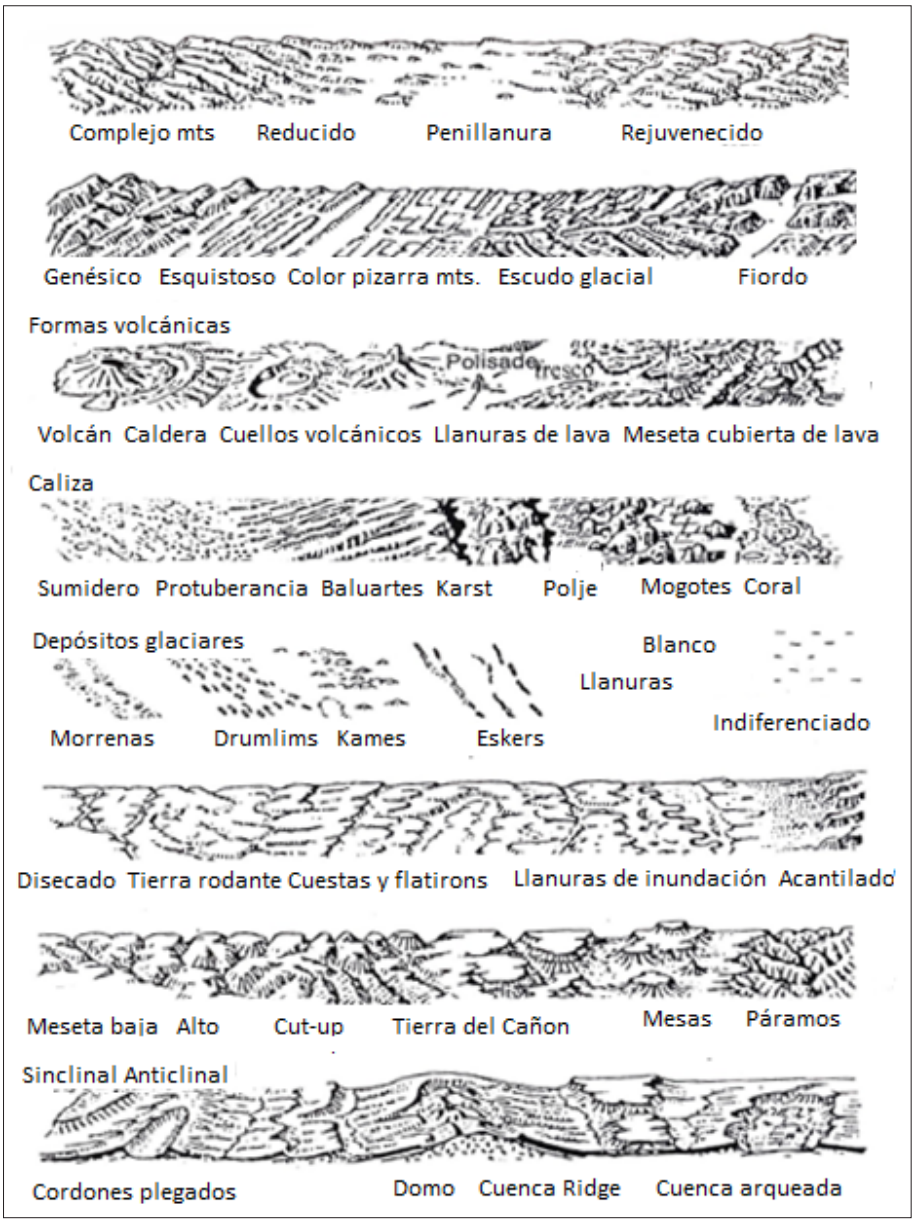


Figura 5.31. Estilos estructurales de relieve y la relación con los patrones de configuración. Fuente: autor desconocido.

composición diferente, inconexa y frecuentemente antagónica que puede ser mayor o menor según el caso (Figura 5.30), diferenciándose paisajes:

- Muy heterogéneos
- Moderadamente heterogéneos
- Poco heterogéneos

Así, las formas de agrupación y las densidades de los elementos (parche y corredor) en un área definen un patrón de configuración que puede ser:

- Regular
- Agregado/concentrado
- Difuso
- Lineal
- Paralelo
- Asociado
- Radial
- Anular
- Lineal lobulado
- Rectangular
- Radial centrípeto
- Escalonado
- Anastomosado (trenzado)
- En mosaico
- En franjas
- En forma de corredor

Igualmente, el relieve también presenta una configuración geométrica que relaciona estilos estructurales con diversos patrones.

Capítulo 6. Conceptos de conectividad, bordes de contacto, cambios del paisaje y sucesión

Prólogo

En los primeros apartados se enfatiza la importancia que tienen la conectividad y el efecto de borde. El autor también describe la naturaleza de los contactos de borde, así como las diferentes clases y patrones de distribución. Los bordes son tan importantes que incluso se consideran como otro hábitat, ya que, tanto la estructura de la vegetación como las especies de la biota difieren de las comunidades contiguas. Además, debido a la gran fragmentación de los ecosistemas que se ha dado a escala mundial, la extensión de los bordes ha aumentado. Esto es motivo de preocupación pues es necesario identificar patrones fácilmente distinguibles y generales que puedan ser aplicados al estudio e interpretación de todo espacio geográfico.

Los últimos tres apartados del capítulo se dedican al *cambio*, una de las características intrínsecas en la dinámica de los paisajes y de su evolución en el espacio y en el tiempo. Se mencionan los tres aspectos que reflejan el patrón de variación temporal (la tendencia general, la amplitud de oscilación alrededor de la tendencia y el ritmo y frecuencia de la oscilación). También se describen los tipos de cambios que se relacionan principalmente con la inestabilidad de los sistemas naturales. Se destaca el apartado dedicado a la sucesión vegetal primaria y secundaria y sus modificaciones ambientales.

Oralia Oropeza Orozco

Introducción

Cabe aclarar que una parte de este capítulo, la sección de "Temporalidad y cambios del paisaje" se ha transcrito de Etter (1991), la cual, a su vez, se basa casi en su totalidad en los criterios de la obra de Forman y Godron (1986).

La infraestructura del paisaje se considera como un sistema conectado de elementos naturales (Mateo, 2004). Tales elementos de la infraestructura son los objetos de paisaje, como los ríos, los estanques, las cumbres, las laderas, las dunas, etcétera, que deben cumplir ciertas funciones geoecológicas. Todos los elementos naturales son necesarios para mantener el hábitat de las especies animales y vegetales, que es donde realizan sus actividades vitales y, por ende, son la base del sustento de la sociedad humana. La infraestructura cubre también la necesidad de preservar o salvarse de las consecuencias negativas del aislamiento, como sería el caso de las islas naturales circundadas por un mar de amplia extensión, o superficies de tierra agrícola de dimensiones enormes. Idealmente la estructura debe ser capaz de facilitar el movimiento de un área a otra, permitiendo el intercambio de individuos entre diferentes poblaciones de la misma especie (Van Selm, 1977, en Etter, 1991).

La conectividad es atributo de la infraestructura y la función del paisaje. Es una característica de los contornos o márgenes conocida como ecotono, zona de transición de los parches, de los biomas, de las orillas de corredores o redes y de cualquier aspecto, situación de unidades de paisajes. Las fronteras dan lugar a las interacciones entre comunidades y entre organismos, y flujos entre los compartimientos bióticos y no bióticos del geoecosistema. A través de la conectividad de las fronteras, las poblaciones se organizan, se interconectan en una unidad funcional demográfica.

En este ámbito, el fondo o la matriz del paisaje es el de mayor dominio y el más conectado entre sí (Figura 6.1).

La conectividad

La conectividad en el paisaje se describe en términos de la estructura a través de:

- Tamaño del contorno (anchura, superficie, forma).
- Distancia entre contornos del mismo tipo.
- Presencia de corredores.
- Presencia de varios tipos de bordes.

Los contornos (bordes) de contacto llamamos aquí a las fronteras entre paisajes y parches, que pueden ser definidas como las zonas de transición entre los sistemas adyacentes de los elementos de una misma unidad natural del paisaje, en contacto con otra unidad de paisaje de distinta naturaleza (Figura 6.2). En dichas

Figura 6.1. Imagen de una mancha de selva tropical, conocida en Yucatán como "petén", muestra una estructura concéntrica, en la que podemos observar una amplia franja de contornos anillados; el primero de éstos, forma un cinturón de blanquizales que consiste en una capa superficial de evaporitas con elementos de vegetación halófila; el segundo, es de pastos o gramíneas y luego, en el siguiente anillo, observamos una sucesión estrecha de arbustos-matorrales, para pasar a los elementos de selva baja subperennifolia con una mayor talla, hasta alcanzar rápidamente la selva alta perennifolia en el centro (Fotografía del autor).

Figura 6.2. Ilustra la proximidad entre los contornos de parches incluidos en una extensa matriz (fotografía del autor).

zonas de transición existe un haz de características únicas que son definidas por la estructura del espacio y la escala de tiempo y por la fuerza de las interacciones entre sistemas de paisajes adyacentes.

Conviene considerar, en este orden de ideas, el papel de las actividades humanas que inciden alterando la estructura o trazado territorial de los contactos o fronteras, y con ello, el del paisaje mismo. De forma hipotética se han descrito hasta cinco grados de homogeneidad, determinados a lo largo del contorno, que varían desde el más abrupto hasta la transición más suave. Así, en el contacto o contorno, esperaríamos diferencias de procesos, de condiciones y, desde luego, una estructura biótica y niveles únicos de diversidad de especies, en función del tipo de arreglo de los bordes.

Efecto de borde (contornos)

El borde o contorno se describe como la franja periférica de una unidad dada del paisaje, de un parche, o de la margen de un corredor, en donde el ambiente de orilla difiere significativamente del interior. Como hemos visto, es frecuente que en la estructura del terreno y la de la vegetación existan diferencias ambientales si comparamos el interior con el borde, ya sea, a través de la estructura vertical y horizontal.

Para el primer caso, la estructura vertical, las ligas de relaciones se establecen en función del tamaño o talla de las comunidades vegetales representadas y con ello las características del follaje y las hojas, ya que es a partir de su distribución que se tiene el arreglo de la distribución vertical, la cual se vincula con la penetración, la diferenciación y difusión de la luz y la humedad relativa, también se relaciona con la temperatura, la pérdida de calor y otras funciones vitales.

El arreglo estratificado de capas constituye la estructura vertical en la forma y posición del dosel, usando generalmente como ejemplo la vegetación de bosque o una selva tropical (Figuras 6.3 y 6.4), en el cual, la parte más alta se identifica con un dosel de copa, seguido de un estrato inferior de subdosel o dosel bajo, al que le sigue una capa inferior en altura conocida como sotobosque (matorral), después otro estrato aún más inferior, el arbustivo y, por último, el estrato herbáceo, en donde cada uno de los estratos recibe de forma progresiva menos luz (Forman y Godron, 1986).

De igual manera, las especies animales prefieren ciertos estratos, por ejemplo, unos usan el dosel como hábitat, mientras otros conviven en el sotobosque, en tanto que la actividad microbiana se realiza esencialmente en el suelo. Los ni-

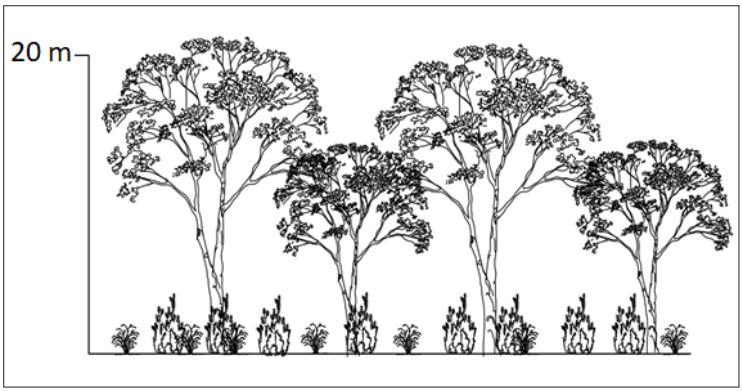


Figura 6.3. Fisonomía de la estratificación en una selva tropical. Fuente: Tomado de Vester y Calmé (2003).

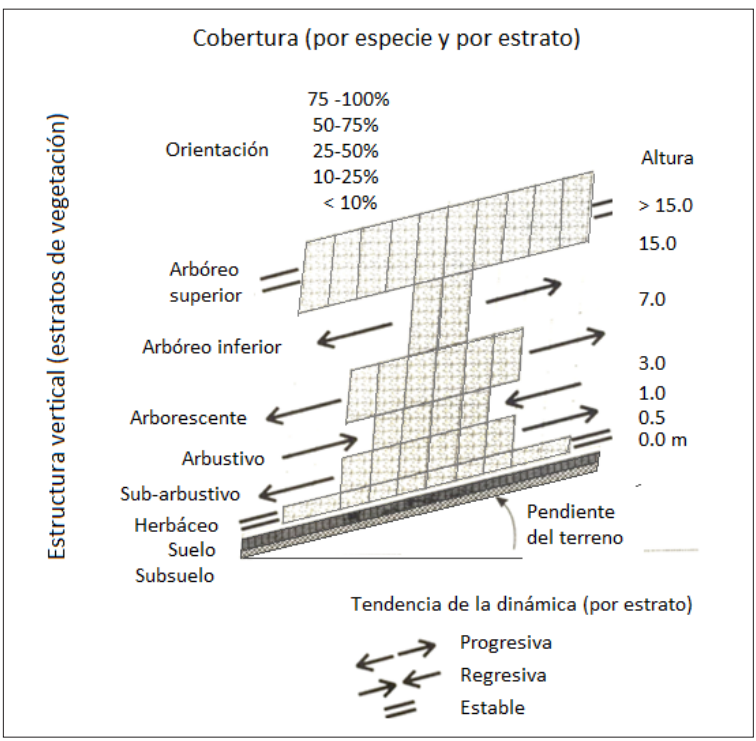


Figura 6.4. Estructura de la distribución vertical de la vegetación en un gráfico de la disposición de estratos vegetales en forma de pirámide en función de la talla. Fuente: modificado de García y Muñoz (2002).

veles de oxígeno que acompañan a los procesos son determinantes en esta distribución vertical, a través de la cantidad de materia orgánica, nutrientes minerales, la presencia de agua y la retención de calor se ligan a la disposición de la estructura foliar y a la profundidad del suelo. De esta forma, los suelos, la temperatura, la humedad, la intensidad de la luz y la velocidad del viento se modifican según sea la estructura vertical de la vegetación.

En las comunidades acuáticas el papel de la distribución vertical en la presencia de niveles de oxígeno, temperatura y gradiente de la penetración de luz es absolutamente definitiva (Forman y Godron, 1986).

Las formas de organización de la cubierta vegetal son objeto de estudio de la geobotánica, pues son un aspecto del paisaje reflejado a través de las condiciones del medio. La diferenciación en el número de estratos se puede relacionar en función de los pisos fito-climáticos de acuerdo con límites altitudinales determinados y desde el punto de vista de tipos biológicos. En función del estrato dominante se describe, según sean, las estructuras arbórea, arborescente, arbustiva y herbácea.

Siguiendo las pautas de estos autores como Ferreras y Fidalgo (1991), otro criterio usual que interviene es el grado de continuidad de la cubierta, apreciada por la configuración de la silueta dominante entre formaciones cerradas y formaciones abiertas.

En la estructura horizontal, la distribución de las especies es compleja; por ejemplo, se tienen dos distintos tipos de vegetación, en un lado, un campo de cultivo limitado por un abrupto borde forestal, en este caso la sobreposición o ecotono es sumamente estrecha, compuesta por especies de ambos lados mezcladas. Otras veces, la zona de transición es ancha y contiene en ocasiones un mosaico de parches con especies mezcladas. En otros no es posible hacer la diferenciación de la frontera, pero existe un cambio gradual de las especies (Forman y Godron, 1986).

Así, entonces, desde el punto de vista biológico, vemos que se modifican en la composición de especies y la abundancia; todo esto, nos lleva a comprender la noción del efecto de borde. Una diversidad y densidad mayor en la unión del contacto entre dos paisajes o comunidades distintas.

Naturaleza de los contactos de borde

La interacción tiene lugar en toda la estructura espacial. Si se examinan los contornos de contacto, desde el punto de vista meramente físico-geográfico o fisio-

gráfico, entre los elementos del paisaje, como pueden ser las orillas de un río, de una charca o laguna, una loma y su contacto con una depresión y con el de una mayor elevación topográfica o cualquier unidad natural o transformada, veremos que la delineación de los bordes de contacto implica una variedad de criterios en la definición de su trazo. Esto se debe a la naturaleza tan cambiante en su tipo y en la escala espacial disímil en su tamaño, por su forma y las dimensiones de la anchura, en su contenido y en sus procesos, entre otros tantos más. Cuando los bordes son nítidos habrá que pensar en cambios radicales, hechos en un corto plazo, como pueden ser los cambios de uso del suelo.

Los contactos adquieren una importancia vital para comprender cómo se articula el análisis a un nivel superior del sistema natural de mayor amplitud espacial, en el cual se hace hincapié en el rol que ejerce el arreglo fisiográfico de los contornos de contacto, debido a que el contacto influye sobre el movimiento de objetos a lo largo del límite como sitios de intercambio de energía, materia e información "EMI" (Forman y Moore, 1992). Su conocimiento ayuda a estar en aptitud y capacidad de predecir el nivel de organización de escenarios en función

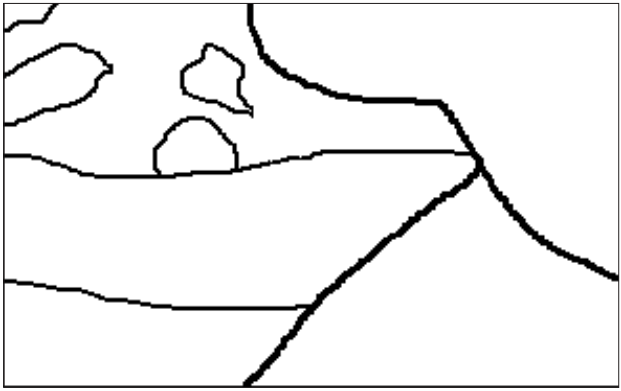


Figura 6.5. Se presenta un mosaico donde existe sobreposición en la jerarquía espacial de parches. Con trazo delineado más grueso se separan tres manchas o parches mayores, debido a la diferenciación litológica. En uno de ellos se distinguen tres unidades de menor dimensión, limitadas en su contacto con un trazo medio; su presencia se debe a la diferenciación de humedad en la cadena de los suelos. En un parche de ellos, refiriendo al que se delimita con el trazo medio, cuenta con algunos parches de trazo más fino por diferencias menos contrastadas, debido a las diferencias en la estructura vertical de la vegetación de diferente espesor (talla) y edad, derivado de la diversidad de la sucesión natural de la vegetación. Hipotéticamente, se han manejado tres escalas espaciales y temporales relativas, mayor, meso y micro. Fuente: Hansen (1988).

de las características de los flujos, que son indispensables en el diagnóstico del paisaje, con fines de evaluación en el ordenamiento territorial (Figura 6.5).

Los ecotonos de las comunidades de vegetación se transforman de manera más rápida, si se considera la perturbación de los aclareos, desmontes y quemas. Atendiendo a la dinámica de los ecotonos en comunidades boscosas, podemos conjeturar que un desmonte constituye una mancha de aclareo en una matriz de un bosque conservado, pero si esta mancha deja de tener presión, puede desaparecer gradualmente al ser circundada por la influencia del dosel y la invasión del sotobosque.

En las prácticas de campo del trópico mexicano se acostumbra la roza, tumba y quema y el abandono subsecuente, lo que establece entonces una migración itinerante o trashumante hacia otro próximo desmonte, como otro parche de perturbación que cruza de lado a lado el paisaje. Por tal motivo, los ecotonos nuevos, y los no tan recientes, se mueven y se desenvuelven alternativamente como ondas jóvenes sucesionales de vegetación, conocidas en México como ondas de regeneración en "renovales o acahuales", siempre y cuando no se establezca la distorsión del dominio del proceso de ganadería, debido a que no sabemos si con ello habrá una expansión del pastoreo migrando el ecotono. Por ello resulta imperativo no olvidar que en el proceso de sucesión de un área determinada se pueden seguir múltiples caminos. Se concibe como una visión dinámica de su existencia, siempre como una continua variación de la cobertura vegetal a través del paisaje, sin que exista un punto o meta final en la sucesión.

En un esquema más identificado con el enfoque de la ecología de comunidades o poblaciones, la sucesión está relacionada con la capacidad de colonización, competencia o atributos vitales, y desde luego, ligados a los mecanismos de la interacción entre las especies (Bazzaz, 1979; en Kanduz, 1999).

Cabe anotar que existen problemas metodológicos que coexisten en el momento de abordar el problema en cuestión; nos referimos a la espacialidad a escalas de dimensión global, como el caso entre biomas y la diferenciación de coberturas en función de las franjas latitudinales. Esto se puede explicar a partir de la situación de condicionalidad climática general; sin embargo, esto no puede volverse extensivo a las escalas detalladas y semi-detalladas, pues resulta insuficiente e inconsistente en la explicación a nivel de sitio, o incluso a una escala más regional, toda vez que intervienen otras variables conforme se baja el análisis a un nivel inferior, como puede ser el caso de los climas locales y microclimas, los del arreglo fisiográfico del paisaje, la diversidad e intensidad de los procesos geomorfogenéticos mediante los cuales continuamente se esculpe y se crea el modelado del terreno y, obviamente, la capacidad biológica de adaptación.

El problema de ligar los cambios de cobertura con los de la transformación de la estructura espacial del paisaje es que no son compatibles, toda vez que existe un desfase entre ellos, ya que el análisis de poblaciones existentes tiene lugar en los cambios críticos que se enmarcan en el periodo de observación, mientras que los geomorfológicos son en su mayoría cambios a largo plazo. Sin embargo, tampoco podemos asegurar que las fluctuaciones de plazo corto no forman parte de los cambios sucesionales a largo plazo.

Convencionalmente aceptamos la existencia de procesos a corto plazo como fluctuaciones estacionales y anuales, a medio plazo los ubicamos en décadas y centurias. Mientras a largo plazo, tiene lugar el remplazo en términos de milenios. Reiteramos, podemos encontrar un problema de sobreposición de escalas de tiempo en el sentido de que el remplazo tiene lugar a nivel de fluctuación que puede ser al mismo tiempo un cambio de amplia escala de tiempo (meso y macro) en el lugar dado; así los cambios de composición específicos serían minimizados al formar parte de un cambio de mayor magnitud y trascendencia con el remplazo de una tendencia más amplia en términos de espacio y tiempo.

Clases y patrones de distribución de bordes

Los cambios de los patrones de distribución de las plantas verdes y la composición florística determinada en el tiempo representan las relaciones que se ligan con el concepto de sucesión, que involucra un proceso de auto-organización dirigida hacia situaciones de máxima homeostasis o elasticidad, la cual se define como la propiedad de auto-regulación que permite al paisaje recobrar gradualmente su estado original después de haber experimentado un disturbio o impacto.

El concepto de disturbio en este trabajo, de acuerdo con Grime (1979, en Kanduz 1999), representa el mecanismo externo que limita la biomasa vegetal causando su destrucción parcial o total.

Daubenmire (1968) reconoce cuatro tipos de bordes entre comunidades vegetales que son parcialmente modificados por Ortiz en este trabajo:

- Fronteras abruptas originadas por discontinuidades geomorfológicas y de cambios de uso del suelo y las subyacentes poco evidentes, desde el punto vista florístico-ambiental, debido, por ejemplo, a la modificación de la litología, del carácter de la meteorización y a cambios en las propiedades del suelo.

- Mezcla gradual de la vegetación debido a condiciones ambientales de gradientes esfuminados, con zonas de transición suave de amplio espectro. Es propio de llanuras uniformes y de rampas de piedemonte con planicies de escasa pendiente.
- Inter-digitalización de la zona de transición, cuando la forma del contorno tiene un arreglo a manera de salientes y entrantes "penínsulas e islas" que se extiende y penetra dentro y sobre la otra unidad de paisaje. El trazo sucede con la heterogeneidad geomorfológica, la del suelo, y de índole micro-climática. Por el arreglo fisiográfico, cuando la unidad o el elemento, que puede ser una ladera, se extiende a favor del tránsito de "EMI", en la cual el flujo se extiende por influencia de la gravedad, sobre y más allá de la porción baja de la ladera.
- Contornos de contacto no visibles con una fina resolución en condiciones de gradientes muy emparejados, poco evidentes, sólo anunciados por la interacción entre organismos.

Los tres primeros tipos de bordes de las comunidades vegetales obedecen a las condiciones de los factores ambientales y al control que ejerce la estructura del terreno. El cuarto tipo es el único que aun habiendo un marco ambiental está supeditado a las interacciones de carácter biótico como puede ser la competición o el mutualismo.

Se debe considerar que apenas nos hemos asomado y falta mucho para llegar a la plena comprensión de los contornos y bordes y que es necesario aceptar que existen más preguntas que respuestas, por ende, se requiere enfocarse en ellos, en primer lugar porque los contornos o ecotonos son las fronteras de transición que se modelan e influyen regulando el traslado "EMI" y el flujo biológico; segundo, porque aquí ocurren patrones únicos de biodiversidad, y en tercer lugar, por el papel de las actividades humanas que alteran las fronteras del paisaje y cuyas consecuencias desconocemos (Figuras 6.6 y 6.7).

La multiplicidad de factores formadores de los bordes y de la estructura del paisaje mismo interactúan durante el proceso de cambio de la sucesión vegetal, que se concibe como una secuencia de remplazo de elementos del paisaje; es un paso estructural y como la secuencia que se integra a la transformación del paisaje (Shugart, *et al.*, 1973; Picket, 1976; Winttaker y Levin, 1977; Shugart y West, 1981, en Kanduz 1999).

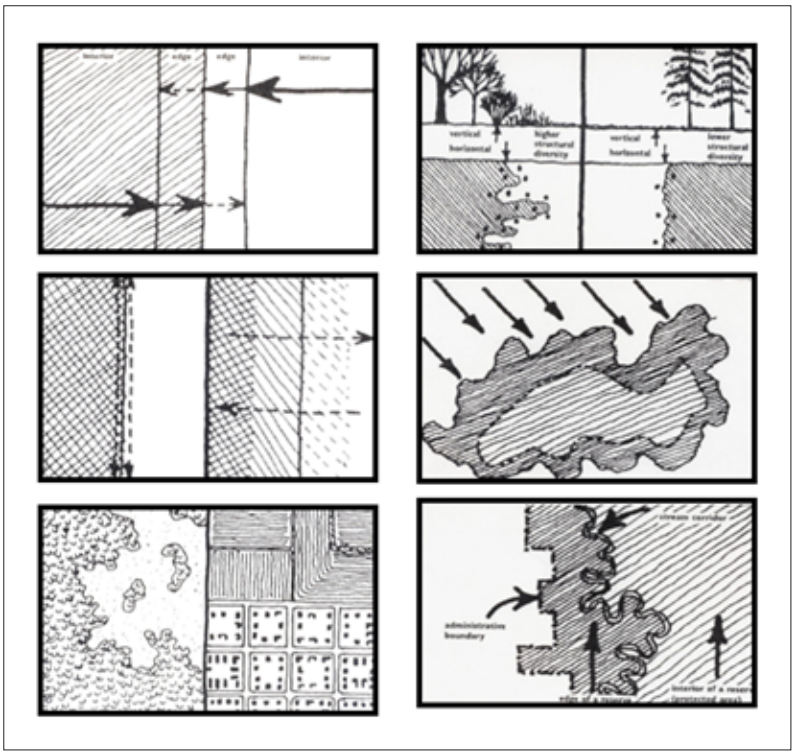


Figura 6.6. Estructura de bordes: en el primer caso, de arriba hacia abajo y de la columna izquierda a derecha, se compara la diversidad estructural tanto vertical como horizontal con mayor riqueza en especies vegetales y animales. A) En el primer caso, el contacto es de trazo sinuoso, en donde hay la posibilidad de una mayor biodiversidad con una estructura vertical y horizontal de mayor variedad. En cambio habrá una menor diversidad y pobreza en especies en el contacto rectilíneo. B) Se ilustra una mancha con el borde de contacto más ancho del lado de donde proviene el flujo de mayor energía que puede ser el viento, el oleaje más alto, la exposición solar, la influencia de la gravedad en el declive de una vertiente, como la escorrentía difusa. C) Cuando no coinciden las fronteras administrativas y las naturales puede haber una zona *buffer* que reduce la presión externa, protegiendo el área núcleo de la reserva natural protegida. E) El factor de amortiguamiento se trata de ilustrar con un ejemplo, cuando observamos que el borde de contacto funciona como filtro calmando la influencia circundante externa de la interior. F) Es el caso de las fronteras abruptas de muy diferente naturaleza (escarpas, desfiladeros, cañones, costa acantilada), que actúan como barreras que incrementan el flujo o los movimientos a lo largo del borde, desde luego que en la medida que el borde sea menos abrupto se favorece el movimiento a través del contorno. G) Se compara la naturaleza de los bordes humanizados y los naturales, pues la mayoría de los bordes naturales son curvilíneos, en tanto los humanizados son marcadamente rectos y de ángulos rectos con las consecuencias ya previstas. Fuente: modificado de Dramstad *et al*. (1996).

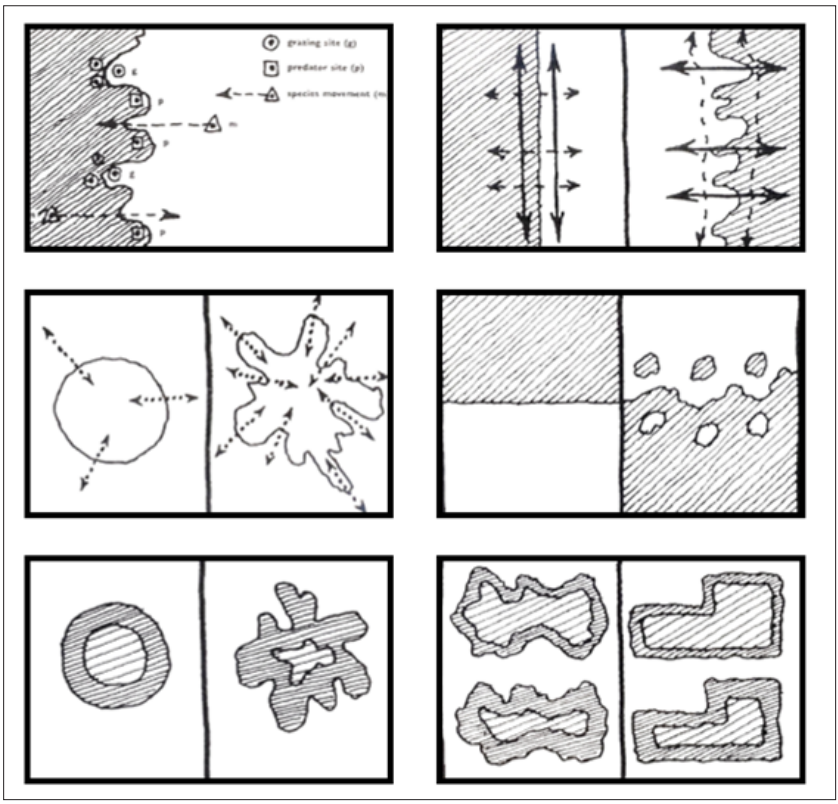


Figura 6.7. Estructura de bordes: en el primer caso, de arriba hacia abajo, y de la columna izquierda a derecha: A) el borde sinuoso con entrantes y salientes pronunciadas propicia la guarida de hábitats diversos más especializados, como puede ser el sitio o mancha de pastos, en las salientes más altas dominan los predadores, en las entrantes dominan los corredores biológicos con especies en movimiento. El flujo del "EMI" será esencialmente a través de la frontera en sentido perpendicular a ella, y debemos recordar que en el borde recto se favorece el flujo a lo largo de la frontera en la dirección paralela o longitudinal a ella. B) La frontera abrupta y recta tiene relaciones de contacto mínimas, si se le compara con la de una frontera permeable porosa y sinuosa en donde hay un arreglo de frontera espacial con entrantes que contienen, a ambos lados del contacto, diminutos parches que se extienden y penetran dentro y sobre la otra unidad de paisaje. Reiterando, podemos decir que en este arreglo hay sobreposición de transiciones que provee de diversos beneficios que incluyen desde menor pérdida de suelos y de hábitat compartidos. Fuente: modificado de Dramstad *et al*. (1996).

Cambio en los paisajes y temporalidad

Cuando se habla de cambio en un paisaje, se hace referencia a la variación que sufre su estructura, composición y funcionamiento en un lapso de tiempo determinado, relacionado directamente con el cambio de estado de una o más de sus variables.

Un cambio se expresa como la curva (o secuencias de estadios) de variación, la cual puede caracterizarse fundamentalmente por medio de tres aspectos (Forman y Godron, 1986):

- La tendencia general del cambio (incremento, decrecimiento o nivelación).
- La amplitud de oscilación alrededor de la tendencia (grande o pequeña).
- El ritmo y frecuencia de oscilación (regular o irregular, rápida o lenta).

Los tres aspectos de variación producen conjuntamente un patrón de variación temporal. Este patrón de variación puede ser descrito para uno o más de los formadores del paisaje (climáticos, litológicos, geomorfológicos, hidrológicos, pedológicos, bióticos o culturales); sin embargo, siempre tiene su expresión en la estructura y composición global del paisaje o del ecosistema a través de sus características fenosistémicas integradoras, relativas a la geoforma y la cobertura.

Siendo el paisaje un sistema dinámico, el concepto de estabilidad o equilibrio debe manejarse dentro de esta concepción. En este sentido, solo puede hablarse de equilibrio dinámico, es decir, un estado de oscilación alrededor de una trayectoria de equilibrio.

De esta forma, llegamos al concepto de equilibrio dinámico como las etapas de estadios transitorios (etapas serales), donde cada secuencia responde a un haz determinado de condiciones ambientales y de composición biótica, conocida como "seral", constituida por un número de sucesiones o recambios que remplazan cada orden en el curso del tiempo (Bradshaw, 1977).

La dirección de mayor desarrollo de auto-organización (de lo simple a lo complejo) hacia una consolidación del sistema es conocida como clímax. Cuando el tipo de vegetación depende del clima, como es el caso de la selva tropical lluviosa, se dice que el sistema natural está en el clímax climático. Cuando el suelo determina la vegetación, el ecosistema está en su clímax edáfico, como puede ser el caso de la ciénaga o pantano originado por el drenaje deficiente. En cada etapa de estadio transitorio existe un incremento de la tasa de biomasa junto con una diversidad de especies, aunque llega a declinar en la fase final del estadio.

Conceptos de sucesión vegetal, primaria y secundaria

De acuerdo con los autores clásicos de la ecología, puede quedar definido el concepto de sucesión primaria como la primera cobertura de vegetación que nace y se desarrolla a partir de una roca o sustrato recién formado que procede de la roca madre, y por tanto, es de muy baja fertilidad, particularmente en el contenido de nitrógeno.

La sucesión es el resultado de la modificación del ambiente (Bradshaw, 1977). Se plantea entonces un principio simple ligado al nacimiento del espacio recién formado, como puede ser el sustrato de una lava, de cenizas, de una acumulación rápida de arena de bancos aluviales, de barras de playa, de la exhumación de un piso rocoso por remoción de la cubierta. Sobre este sustrato colonizan las especies pioneras, como los líquenes como fase primaria, adaptados para soportar amplios cambios de temperatura y humedad, y cuya capacidad de persistencia tiene su origen en que no es solo una planta, sino una asociación simbiótica entre un hongo y un alga, que forman un consorcio que ha llegado a constituir una unidad morfológica y fisiológica. Los líquenes pueden sufrir la desecación sin daño durante meses enteros, y absorber el agua del vapor contenido en la atmósfera. Contribuye a que el nuevo sustrato forme el suelo, ya que descompone las rocas en que se fijan, preparando el terreno para los musgos y plantas superiores (Figura 6.8).

"El componente fungoso del liquen", según Vickery (1987), "secreta sustancias químicas que disuelven algunos minerales contenidos en la roca. Estos nu-

Figura 6.8. Condiciones extremas limitantes del microhábitat rocoso, en donde sólo los líquenes pueden vivir. Fuente: tomada de imágenes bing.com; consultado en abril de 2018.

trientes disueltos son absorbidos por el liquen, mientras la porción no disuelta de la roca forma depósitos de suelos en los cuales pueden vivir pequeños insectos y microorganismos. Tales organismos se alimentan de materia orgánica muerta y a través de sus actividades enriquecen el nuevo suelo, y lo convierten finalmente en un medio propicio para el crecimiento de plantas resistentes (xerófitas) tolerantes a la sequía. El aumento de la profundidad del suelo y su enriquecimiento con la muerte de las especies pioneras y el aporte de desechos acarreados por el viento, producen con el tiempo un medio que puede contener suficiente agua para el crecimiento de especies menos tolerantes a la sequía (mesófitas). Los pastos son las especies más comunes entre las mesófitas pioneras y con otras especies forman un microclima a nivel del suelo, el cual es menos extremoso que el que se manifiesta en las xerófitas. La presencia de tal microclima facilita el desarrollo de arbustos y finalmente de plántulas de árboles". En la Figura 6.9 se muestran las etapas de una sucesión idealizada.

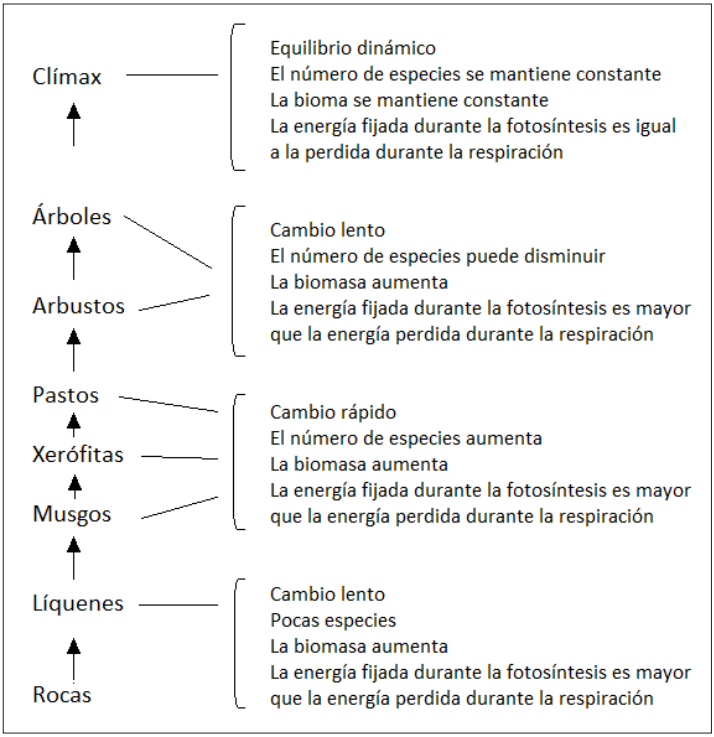


Figura 6.9. Etapas de estadios transitorios en un marco idealizado. Fuente: Vickery (1987).

La sucesión secundaria es el remplazo de especies vegetales y animales sobre un terreno originalmente abandonado que mantuvo la existencia de la información genética de la vegetación pasada o que existió, y que se pudo haber perdido debido al desmonte, quema, o la simple muerte o extinción de la comunidad por condiciones externas.

Vickery (1987) señala que un ecosistema maduro, que alcance el estado en el cual no se advierte aparentemente ningún cambio, se encuentra en un estado de clímax, lo cual significa que los cambios están en un equilibrio dinámico en donde las plantas mueren y las semillas germinan, los animales viejos mueren y nacen otros, en un proceso continuo que se mantiene indefiniblemente estable guiado por los factores y elementos del clima y el equilibrio estable del suelo, durante un lapso considerable de tiempo.

Entre otras características de valor intrínseco del estatus de clímax, según Ferreras y Fidalgo (1991), se encuentran:

- Sitios con la mayor abundancia de biomasa, considerando, desde luego, las etapas precedentes de acumulación de materia orgánica.
- Tal cantidad de biomasa implica estructuras complejas de vegetación, espesor, talla, estratificación, tamaños de diámetro basal y el desarrollo de otras comunidades dependientes como la simbiosis (vida conjunta) entre los que se pueden considerar: el comensalismo, que consiste en el beneficio de una planta u organismo sobre otra sin afectarla como ocurre con las epífitas; el mutualismo, que es la simbiosis, en la cual ambas plantas se benefician y el parasitismo, en el cual una planta se beneficia a expensas de otra.
- Una alta tasa de ocupación del espacio superficial del suelo que opone resistencia a nuevos establecimientos.
- El sello distintivo en la riqueza de la biodiversidad es el producto de su amplia diferenciación interna.
- La pauta dada por la prolongada longevidad de las especies dominantes.
- La individualidad del clímax, como estatus final y único (mono-clímax), es aceptar como resultado final siempre el mismo escenario específico, lo que implica una interacción en equilibrio dinámico de los mecanismos morfogenéticos, con una biostasia dominante por un lapso prolongado (Figura 6.10).
- Condiciones climáticas perdurables por un lapso amplio de tiempo.
- Inhibición o ausencia de eventos de perturbación extrema naturales o antrópicos.

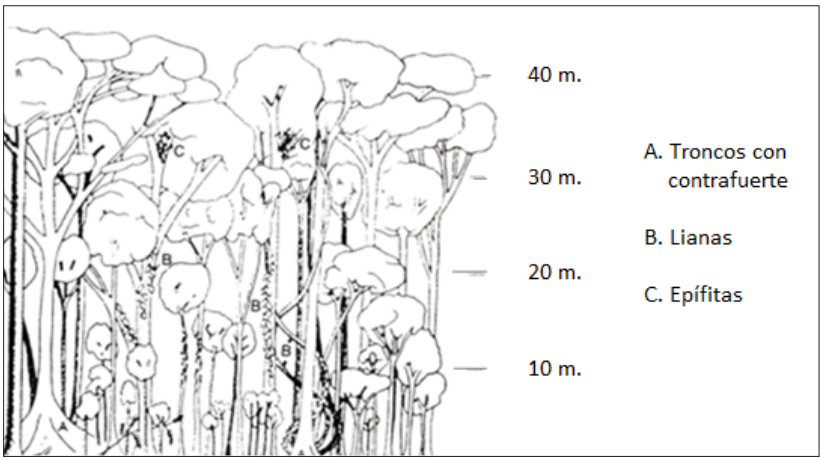


Figura 6.10. Perfil del bosque de selva tropical húmeda. Fuente: Ferreras y Fidalgo (1991).

La existencia de solo un tipo de mono-clímax (pluvi-selva tropical), es controvertido, dado que, en un espacio de zonación climática homogénea puede tener lugar otro ecosistema climático, lo que posibilita contar con varios tipos de poli-clímax. Ferreras y Fidalgo (1991), al respecto, manifiestan que al analizar la modificación del clima posterior a la última glaciación mundial, refieren que la edafogénesis del suelo actual no corresponde a la del clima actual, sino más bien a la tendencia guiada por los cambios de las oscilaciones de la variabilidad climática, principalmente del Holoceno.

Siguiendo con las ideas de Ferreras y Fidalgo (1991) respecto al desarrollo evolutivo para llegar a constituir el clímax, se requiere de una serie de pasos estructurales o etapas de sucesión, predeterminas por el clima, para ir construyendo las condiciones convergentes a un ritmo que alcance una mayor densidad y riqueza en la diversidad de la biomasa, en una evolución progresiva que no siempre se alcanza, toda vez que en las etapas previas llegan a interrumpirse por cualquier razón de disturbio. Por ende, queda incompleta la intención de alcanzar el clímax, constituyendo una fase pre-climática con comunidades permanentes.

En esta semejanza se observa que la situación de paraclímax corresponde también a comunidades permanentes o estables, que se encuentran en una categoría inferior a la de una situación de clímax, con la posibilidad de que este nivel sea el resultado de una degradación progresiva de la situación original de un clímax a manera de una fase regresiva.

Otra fase particular (plesioclímax), descrita por Ferreras y Fidalgo (1991), es aquella que se refiere al estatus en la fase final de la evolución progresiva, posterior a una degradación por la destrucción parcial de la vegetación original, que guarda las propiedades de la situación primitiva de clímax aunque de forma parcial, lo que afecta su capacidad de recuperación.

En resumen, podemos afirmar que la explotación de los recursos naturales básicos, como minerales, agua, suelo y vegetación en tanto ecosistemas sustento del consumo de bienes, conducen a una regresión en oposición a los pasos estructurales del paisaje, dados por la sucesión hacia un nivel más simple o menos complejo en la organización.

Cambios de los sistemas naturales

Un factor de inestabilidad es aquel que ocasiona que el sistema cambie su régimen de oscilación alrededor del punto de equilibrio. Cuando el sistema entra en su período de inestabilidad, el régimen de fluctuación cambia o se vuelve impredecible.

La estabilidad de un sistema depende de su resistencia o capacidad de contrarrestar los efectos de inestabilidad (capacidad homeostática), de variables que son un factor de alteración e impacto. La resiliencia, por otra parte, es la capacidad del sistema de volver al equilibrio (estado anterior o similar) una vez que ha sido perturbado. Estos dos conceptos están estrechamente ligados al de homeostasis.

Se pueden diferenciar básicamente dos tipos de cambio en función de su repercusión sobre el sistema: los cíclicos y los unidireccionales (Figura 6.11).

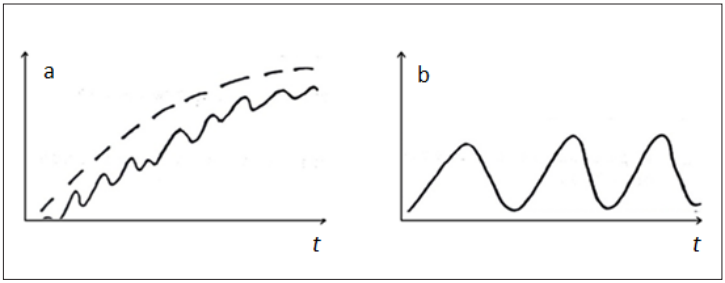


Figura 6.11. Patrones de cambios: a) cíclicos y b) unidireccionales. Fuente: modificado de Ferreras y Fidalgo (1991).

Y estos, a su vez, se deben diferenciar según la escala de tiempo en los de ciclo o duración corta, mediana o larga. Así, por ejemplo, un cambio cíclico largo puede estar compuesto por varios cambios o sucesiones unidireccionales:

a. Cambios cíclicos: son cambios durante los cuales el sistema parte y vuelve a un estado igual o muy similar. Dependiendo de su duración se habla de:
   - Ciclos estacionales, anuales (climáticos: precipitación, huracanes; hidrológicos: inundaciones; antrópicos: quemas, laboreo).
   - Ciclos multianuales (climáticos: períodos secos).
   - Ciclos milenarios (climáticos: glaciaciones).
b. Cambios unidireccionales: son aquellos durante los cuales el sistema alcanza niveles progresivos de estabilidad que no implican volver al estado original a menos que ocurran perturbaciones al sistema. De acuerdo con su duración se habla de:
   - Cambios sucesionales de hasta cientos de años (sucesiones vegetales, primarias o secundarias, sucesiones de uso de la tierra).
   - Cambios evolutivos de miles a millones de años (evolución de la biota, evolución geomorfológica del paisaje).

Por lo general, los cambios cíclicos tienen algún grado de predictibilidad, lo cual hace posible que el sistema pueda responder a estos a través de procesos de adaptación, en especial por parte de los componentes bióticos y culturales. Los cambios *no cíclicos* tiene un origen más aleatorio, lo cual dificulta su predicción.

Particularmente conspicuos son los procesos sucesionales de la cobertura vegetal o sucesiones vegetales, que naturalmente son más que vegetales, ya que durante estos procesos ocurren cambios no solo en la flora sino en la fauna, la hidrología, los suelos, el uso, etcétera.

A lo largo de una sucesión ocurre una serie de tendencias de cambios típicos para el sistema natural en cuestión:

- En las fases iniciales de relevos de la sucesión, cuando los recursos son todavía abundantes, se produce una proliferación de especies oportunistas que consumen mucha energía, pero que al aumentar la biomasa los recursos escasean, la competencia favorece a los organismos capaces de resistir con menor consumo energético, según expone Miracle (1982).
- Se incrementa la complejidad estructural, la biodiversidad y se mantiene la productividad y el equilibrio del sistema.

- Se incrementa la biodiversidad, conforme aumentan y se complejizan los espacios ecológicos.
- Se incrementa la biomasa total, la cual, desde luego, tiene límites impuestos por los recursos allí existentes, pero la respiración aumenta de forma proporcional a la biomasa.
- Tiende a disminuir la producción neta.
- Se hace más lento y largo el flujo energético que atraviesa el sistema.
- Disminuyen las fluctuaciones del sistema.

Sin embargo, no siempre podemos esperar este sistema de cambios de forma continua. Tal es el caso del aislamiento en las islas en cuanto a la diversidad se refiere (número de especies), si se piensa que a mayor número de especies en una isla se incrementa la competencia, bajan las tasas de colonización y se elevan las tasa de extinción. La reflexión invita a pensar qué nivel del punto ideal, entre la colonización y la extinción, tiene lugar en el momento donde ambas curvas se cruzan (Figura 6.12).

De forma semejante, se ha propuesto que en las islas cercanas entre ellas (archipiélago), que cuentan con una fuente de recursos biológicos adyacentes, pueden tener una mayor diversidad que las islas aisladas, debido que hay una tasa de llegada de especies y de colonización más alta en las islas cercanas. De manera

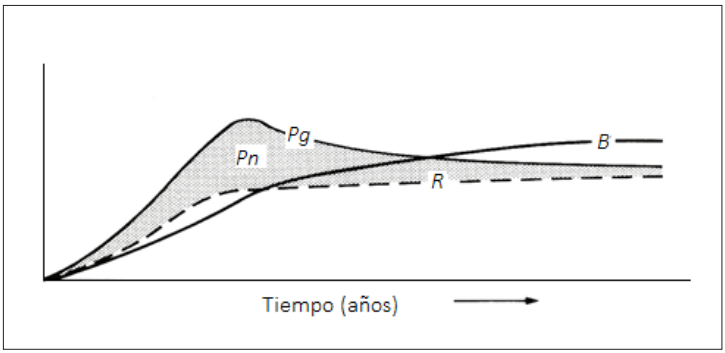


Figura 6.12. En la curva se muestra la relación y variación de la producción bruta, neta y la biomasa en pie durante la sucesión. Puede observarse que los estadios de sucesión, donde la producción neta es mayor, son los iniciales, y así se puede entender por qué las actividades humanas tienden a hacer uso mayormente de ellos y no de estadios más avanzados. Sin embargo, es importante anotar que estos estadios sucesionales son los menos eficientes, y para su manutención requieren de altos subsidios energéticos. Fuente: modificado de Kira y Shidei (1967) en Odum (1971).

semejante, se piensa que existe un mayor número de especies en las islas de extensión amplia comparadas con las pequeñas o de menor extensión, debido a que la tasa de extinción en una isla más grande es baja (Figura 6.13).

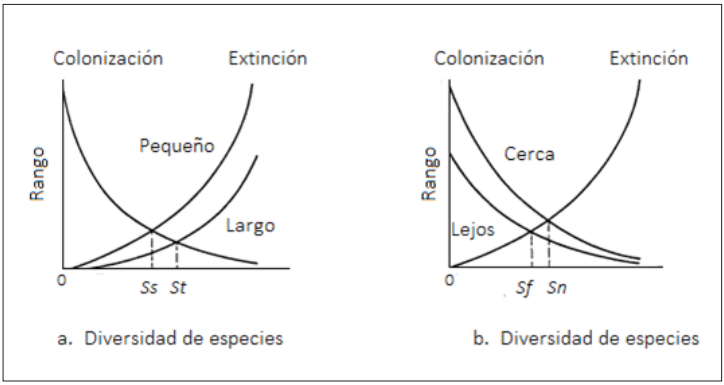


Figura 6.13. Hipótesis con respecto a la colonización y la extinción en la diversidad de especies en islas con diferentes características. En el caso de a) se liga el tamaño de las islas "Ss" y "St" con el número de especies encontradas en islas pequeñas y grandes, respectivamente. En el caso de b) se relaciona con el aislamiento de las islas, las distantes entre sí y las cercanas respectivamente "Sf" y "Sn". Las islas lejanas presentan menor diversidad de especies, poseen mayor diversidad. Fuente: modificado de Kira y Shidei, 1967, en Odum, 1971.

Capítulo 7. Función y dinámica de los flujos

Prólogo

En el presente capítulo se exponen algunas ideas sobre la función y la dinámica de los flujos, entendidos en el ámbito de la teoría de sistemas y la epigeósfera, en donde la materia, la energía y la información representan los elementos fundamentales del análisis sistémico.

De acuerdo con lo anterior, se presentan las diferentes formas de clasificación de los sistemas energéticos, considerando las características del comportamiento de intercambio de materia y energía en los sistemas naturales, en donde es la estructura del paisaje (vertical y horizontal) la que determina, de cierta forma, la direccionalidad e intensidad de los flujos, y en donde se conforman los elementos estructurales del paisaje.

Cabe aclarar que, si bien el autor no terminó en su totalidad el capítulo, permite obtener una visión clara de la importancia del balance entre la materia y la energía en el análisis geográfico de la materia y la energía el territorio.

Introducción

Todos los tipos de unidades del paisaje son formados por el diseño de la estructura fisiográfica y el contexto ambiental. Tienen como misión natural regular los pulsos del traslado de energía, materia e información y, por lo tanto, son, a su vez, las unidades funcionales del paisaje. Como la describiría Etter (1991), la función de una unidad de paisaje es "captar, asimilar, transformar, almacenar y transferir..."

Materia y energía

En términos de White *et al.* (1985), los ecosistemas (o paisajes) son unidades con ciclos biogeoquímicos que han evolucionado (y evolucionan) para capturar, concentrar y acumular energía.

De acuerdo con la función del flujo de energía, se conoce que la Tierra se halla a unos 150 millones de kilómetros de distancia del Sol. De la energía radiante que se desprende de esta estrella, solo una fracción ($^2/_5$ partes) la absorben la superficie terrestre y la atmósfera; esta capa refleja la mayor parte de la radiación recibida por el efecto de las nubes (albedo) hacia el espacio en forma de calor.

De acuerdo con lo anterior, las plantas verdes acumulan $^1/_{10}$ del 1% de la energía solar, cantidad energética suficiente para sustentar toda la vida sobre la Tierra (biosfera).

De tal manera, las plantas verdes transforman la energía solar en energía alimentaria en donde "… las células… que disponen de suficiente luz solar, el anhídrido carbónico y el agua, se transforman en azucares simples, 'carbohidratos'". Recordemos que este proceso vital se llama fotosíntesis, que significa "reunión o combinación en presencia de luz". En el proceso de fotosíntesis la energía radiante se convierte (se transforma) en energía química, que puede ser utilizada por las propias plantas, así como por los consumidores y los desintegradores que dependen de ellas (Pringle, 1976); sin embargo, en el universo de los minerales y otros nutrientes no se presentan procesos de reutilización de energía.

En general, la dinámica de circulación de la energía se relaciona con pérdidas en cada uno de los eslabones por los que pasa; por ejemplo, cuando corremos hay pérdida de energía calórica y empleo de la energía alimentaria acumulada en nuestro cuerpo (energía potencial) que al correr (hacer un trabajo), se convierte o se transforma en energía cinética.

En este orden de ideas, resulta importante recordar que la energía se pierde siempre que cambia de forma o se transfiere de un organismo a otro, y que los organismos transmiten menos energía que la que reciben; por ejemplo, cuando

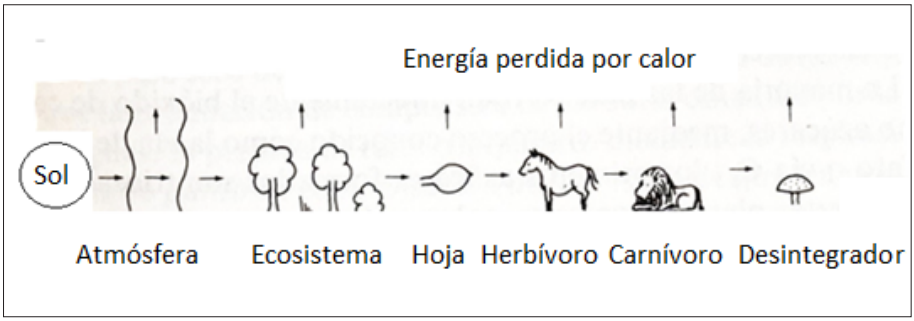


Figura 7.1 Secuencia del flujo de energía y su pérdida en forma de calor en cada fase de la cadena. Fuente: Vickery (1987).

un conejo come una planta verde, recibe energía química, pero la que obtiene es mucho menor en comparación con la cantidad que la planta recibió del sol; y cuando un coyote, a su vez, devora al conejo, recibe energía química pero en una proporción mucho menor que la que el conejo absorbió de la planta. Por último, los organismos desintegradores terminan por dar cuenta de los restos del coyote y la energía original recibida por la planta verde ha desaparecido casi por completo.

Sistemas de energía

La Tierra en su conjunto constituye un gran sistema energético. Recibe energía solar (entrada o *input*) y despide energía lumínica y calórica (*output* o salida). Dentro del sistema la energía sufre una serie de transformaciones asociadas de una u otra manera con la materia; por lo anterior, el sistema posee:

- Cuerpo (materia)
- Entrada de energía (*input*)
- Salida de energía (*output*)
- Una serie de formas de transporte y transformación de energía que se producen al interactuar la energía con la materia.

Cada una de ellas constituye un camino o destino (*pathway*) energético dentro del sistema. Un ejemplo de ello es la absorción de la energía lumínica por parte de la materia en la superficie terrestre. Esta energía es convertida en calor y posteriormente radiada al espacio. Así, la energía entra con un destino lumínico, se transforma al interactuar con la materia y sale como energía calórica.

Otro principio básico de los sistemas de energía es que la tasa de entrada de esta debe ser igual a la de salida, a menos que parte de la energía quede almacenada en algún sitio del sistema o bien haya sido removida de su almacenamiento. Si enumeramos por un lado las entradas, y por otro sumamos las salidas y el almacenamiento, los resultados serían iguales. A esto podemos llamarle cuota de energía del sistema; asimismo, si sabemos que la materia, como la energía, no se crea ni se destruye, la materia que entra y sale del sistema quedará almacenada.

El concepto de sistema energético provee una herramienta de estudio común a todas las ramas de la ciencia ambiental. El hombre, con su habilidad para modificar la faz del planeta, forma parte importante del sistema energético terrestre. Todas las actividades humanas, desde cultivar la tierra hasta contaminarla, pue-

den advertirse como cambios en la entrada y salida de energía en el sistema, cuyo delicado balance, a veces, los hace sumamente sensibles.

Algunos elementos sobre la materia y la energía

El concepto de materia implica la concentración de átomos y moléculas en forma individual, formando compuestos, o bien, agregados de compuestos. Toda materia posee masa, que es la propiedad de ser susceptibles a la atracción gravitatoria. No se puede hablar de materia sin incluir el fenómeno de la gravedad.

Además de materia, el mundo físico real contiene energía, que formalmente se define como la habilidad para realizar un trabajo. En términos matemáticos de la física, la energía es el producto de la fuerza y la distancia; es decir, la habilidad para mover un objeto una distancia dada. Algunas formas de energía son: mecánica, calórica, electromagnética, química, eléctrica y nuclear.

La energía mecánica es energía asociada con el movimiento de materia, y puede ser potencial o cinética. La cinética es proporcional a la cantidad de masa en movimiento multiplicada por el cuadrado de su velocidad. La potencial es la energía cinética que un objeto poseería si fuera afectado por la fuerza de gravedad y cayera. Los factores que intervienen y determinan la magnitud de la energía potencial son: masa del objeto, distancia vertical de la que puede caer y la aceleración de la gravedad.

La caída de una gota de lluvia a la superficie es un ejemplo de sistema enérgico, "potencial o cinético", en el medio ambiente. De acuerdo a lo ya discutido, la energía potencial de una gota en una nube de tormenta es proporcional a su masa y a la distancia de la que cae. A medida que cae, su velocidad, al principio, se incrementará. Debido a la fricción con el aire, la aceleración no será constante. En otras palabras, parte de su energía cinética se pierde por fricción. A mayor velocidad de caída, mayor fricción; entonces, se alcanza rápidamente una velocidad de caída constante (velocidad terminal). Cuando, finalmente, la gota golpea el suelo, parte de su energía cinética se pierde por el choque con las partículas del suelo, lo que provoca una pérdida de cohesión e inicia las primeras etapas de la erosión. Otra parte de la energía se transforma en calor por el impacto.

Si concebimos a la gota y su caída como un sistema de energía se pueden identificar las entradas, salidas y destinos de la energía observándose los siguientes puntos:

- La entrada de energía es aportada por el sol, que ocasiona el ascenso del aire que transporta la humedad a una cierta altitud, y contribuye con la energía potencial.
- La salida de energía se presenta cuando la energía y calor se transmiten al aire circundante y a las partículas del suelo.
- La energía potencial es transformada en cinética durante la caída (Primer destino); la energía cinética se transforma en calor (Segundo destino) en la fricción con la atmósfera y por colisión (Tercer destino).

Un cuarto destino sería la energía que ocasiona que las partículas del suelo se muevan.

Otra forma de energía importante es la calórica, que representa energía cinética, pero más como forma interna que externa.

Algunos conceptos sobre sistemas energéticos

Los sistemas abiertos son estados organizados de materia que están abiertos al flujo de materia y energía. Sus características son:

- Poseen fronteras o límites reales o arbitrarios.
- Entradas y salidas de energía y materia que cruzan y desplazan dichas fronteras.
- Destinos energéticos asociados a la materia el sistema.
- La materia puede ser transportada de un lugar a otro y transformar sus cualidades químicas o físicas.
- Los sistemas abiertos tienden al equilibrio, donde la tasa de entrada de energía es igual a la salida, mientras que la energía y la materia almacenadas se mantienen constante.
- Cuando la entrada o salida de energía y materia cambian, el sistema tiende a un menor equilibrio.
- La tasa de energía o materia almacenada aumenta o disminuye cuando los flujos de energía o materia a través del sistema aumentan o disminuyen.
- A mayor capacidad de almacenamiento menor sensibilidad del sistema; cuando se interrumpe la entrada o salida el sistema decae y se destruye.

Tipos de sistemas energéticos e impacto humano

Los sistemas pueden definirse con una implicación temporal en la entrada de energía, de acuerdo con lo expuesto en la Tabla 7.1.

Las características de los tres tipos podemos encontrarlas en un solo sistema; por ejemplo, en una escala geológica, una cuenca es un sistema decadente en donde se manifiestan lluvias y sequía (S cíclicos), pero puede haber también sequías o aguaceros (S fluctuante).

En lo que se refiere al impacto humano sobre los sistemas energéticos, la energía puede distinguirse por dos aspectos:

- Cambio de la tasa de energía y materia entrante y saliente.
- Creación de menos destinos para el transporte y transformación de la energía y la materia.

Un ejemplo claro es la construcción de una presa en donde se alteran las tasas de la entrada, la salida y los destinos, al mismo tiempo que se aumenta el almacenamiento.

El concepto de sistema energético permite analizar efectos secundarios de la alteración natural y debe quedar claro que la energía toma caminos diferentes a través del ecosistema; estos pueden denominarse cadenas alimentarias, que son de mayor incumbencia de los biólogos y ecólogos.

Tabla 7.1. Clasificación de los sistemas energéticos. Fuente: elaboración propia con base en Odum (1956).

Tipos de sistemas energéticos		
Tipo de sistema		Características
Decadentes	(SD)	Implica un cambio en el comportamiento de la energía. Un relieve se transforma cuando pierde energía potencial por erosión hasta ser destruido
Cíclicos	(SC)	Generalmente se relacionan con fenómenos astronómicos (mareas, día y noche, etcétera).
Fluctuantes o irregulares	(SF)	En estos, la entrada de materia y energía son irregulares (terremotos, volcanes, lluvias extraordinarias)
En desarrollo	(SDe)	Sistemas abiertos caracerizados por una mayor absorción energética y menor eliminación (colonización vegetal).

Ciclos biogeoquímicos

La vida no puede existir sin energía solar; sin embargo, tampoco puede existir sin el ciclaje de elementos que provienen de la Tierra, el agua y el aire de la envoltura geográfica. Al conjunto de procesos relacionados con el intercambio de materia entre los componentes vivos y no vivos de la biosfera se les denomina biogeoquímicos.

Como resultado de estas acciones se generan los procesos funcionales –o de operación– de la circulación del sistema, en donde los procesos son todos aquellos que actúan en un paisaje imprimiéndole una dinámica propia, como las fases de desarrollo, de transformación y evolución ligadas a sus características estructurales. Por tanto, tienen como consecuencia en la perspectiva temporal y espacial la redistribución de materia y energía en el paisaje y la generación de cambios en la estructura.

Los procesos y la dinámica que conciernen el estudio del paisaje son de múltiple origen y están activos a diferentes escalas de jerarquía y en dimensiones de su dinámica; en este sentido, destacan los siguientes:

- Procesos climáticos: precipitación, evaporación, acción eólica, etcétera.
- Procesos geomorfológicos: meteorización, erosión, sedimentación, tectonismo, etcétera.
- Procesos hidrológicos: disolución, suspensión, transporte.
- Procesos pedológicos: lixiviación, podsolización, ferralitización, salinización, gleyzación, etcétera.
- Procesos bióticos (de origen animal/vegetal): ciclos biogeoquímicos, migración, predación, reproducción, fotosíntesis, producción de biomasa, etcétera.
- Procesos culturales: fertilización, mecanización, comercio, producción, transporte, quemas, deforestación, reforestación, contaminación, etcétera.

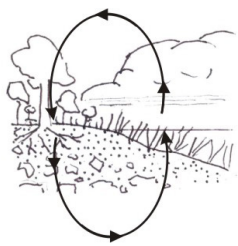
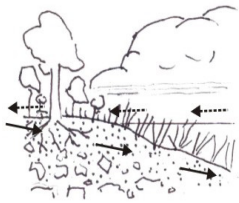
Los procesos pueden ser de origen más o menos natural dependiendo del tipo y grado de la intervención humana en el paisaje. Así, podemos encontrar toda una gama de paisajes, desde aquellos donde predominan los procesos naturales hasta aquellos donde dominan los procesos de tipo cultural.

En general, las actividades humanas, además de crear procesos nuevos, tienen como consecuencia el activar o acentuar, o bien retardar o desactivar, los procesos naturales operantes, cambiando su intensidad, dirección y dinámica.

Con referencia a los flujos de materia, energía e información (dirección de procesos en los paisajes), se entiende que el efecto de los procesos ecológicos es el de inducir flujos de materia y energía hacia y a través del paisaje. Los procesos pueden darse dentro de una unidad de paisaje, como resultado de las relaciones entre los factores formadores, conocidas como relaciones verticales (Tabla 7.2), o bien, entre unidades de paisaje diferentes, conocidas como relaciones laterales de carácter corológico (Neef, 1967; Zonneveld, 1979).

Los diferentes procesos naturales actúan diferencialmente en las dimensiones corológica (espaciales) y topológica (verticales) arriba mencionadas, pudiendo ser mayor su efecto en una u otra.

Tabla 7.2. Flujos internos y externos. Fuente: Fortescue (1980, modificado por Etter, 1991).

Flujos internos y externos de los sistemas			
Circulación (flujos)		Tipo de flujo	Tipo de estructura
	Interna en una unidad de paisaje	Circulación bidireccional externa-interna de migración de sustancias vinculadas a la transformación o neoformación de compuestos minerales y orgánicos	Estructura de la relaciones verticales, de escala espacial puntual o local de detalle, para el manejo de áreas específicas o reducidas
	De sustancias a través de una unidad de paisaje	Flujo geoquímico de dirección tangencial del paisaje	Estructura de relaciones áreales, u horizontales, aplicado a la evaluación de tierras y planes de manejo intensivo
	De energía, materia e información que se capta, filtra, asimila, transforma, almacena y transfiere	Circulación abierta con ganancias, transformación y pérdidas	Estructura funcional de flujos de entrada al paisaje, con realimentación y transferencia y emisión al contexto circundante

Una gran parte de la dinámica de un paisaje está determinada por las relaciones corológicas o espaciales, es decir, por el flujo de materia y energía entre las diferentes unidades colindantes de un paisaje. Estos flujos siempre tienen una dirección y una intensidad, de manera que de dos unidades colindantes siempre hay uno que funciona como *fuente* y otro como *receptor* de algunas sustancias o elementos.

La dinámica y dirección de acción de los diferentes procesos que actúan en el paisaje están supeditadas, en mayor o menor grado, a la influencia de la gravedad. Así, los que dependen en mayor parte de la gravedad los hemos llamado pasivos, mientras que aquellos que actúan en contra de esta se llaman activos. Este hecho tiene indudable importancia cuando se trata de conocer la dinámica de un paisaje y se piensa en el manejo ecosistémico.

En general los procesos activos son aquellos generados por las actividades de los agentes bióticos, en especial los móviles, como la fauna y el hombre. La característica particular de estos procesos es que implican una inversión de energía por parte del agente que lo desencadena. Y no tienen una dirección e intensidad muy definida, además de que cabe en ellos la posibilidad de la intencionalidad por parte del agente.

En este sentido, Etter (1991) definió los procesos pasivos "… como los geomorfológicos e hidrológicos [que] tienen una posibilidad de predicción mayor, especialmente en cuanto a su dirección se refiere, ya que siguen los gradientes gravitacionales. En contraposición los procesos activos tienden a ser más aleatorios en su dirección e intensidad".

Los procesos activos pueden reforzar el efecto de los procesos pasivos, o actuar en sentido contrario, como es común en las actividades humanas o de la fauna. Ejemplos de esto son la destrucción de tierras por uso del suelo inadecuado y el papel del manglar en la creación de nuevos terrenos.

De acuerdo con lo anterior, el último autor referido estableció: "… en condiciones naturales del desarrollo de un paisaje, y bajo condiciones estables de pocas perturbaciones, la actividad biótica tiende hacia la maximización de la biomasa y hacia un equilibrio en el cual la productividad neta va decreciendo".

El movimiento de los elementos a través del paisaje

Los procesos corológicos ocurren en los medios aéreo, superficial, acuático y subterráneo. En cada uno de estos actúan diferentes agentes de transporte que también han sido llamados vectores: el viento, el agua, la fauna y el hombre. Las

características de estos son muy diferentes según sea su posibilidad de autogenerar movimiento, como en el caso de la fauna y el hombre, o bien por depender exclusivamente de la gravedad o de la circulación atmosférica, como el caso del viento y el agua.

De acuerdo con las ideas de Etter (1991), el hombre y la fauna son agentes o vectores activos mientras que el aire y el agua son vectores pasivos desde el punto de vista ecológico, toda vez que los procesos dan lugar a tres tipos de flujos en el paisaje: la difusión, los flujos masivos y los de la locomoción. Los dos primeros más relacionados con los vectores pasivos, y el último más con los vectores activos.

Así, la difusión es un proceso de baja energía (generalmente pasivo) que consiste en el movimiento de partículas desde un lugar de alta hacia uno de baja concentración. Aquí se toma el concepto en término laxo para todo movimiento de elementos en un proceso de baja energía, que son en general importantes, a niveles detallados de análisis, en medios aéreos o acuáticos.

Con referencia a la distribución espacial de los hechos geográficos, se considera que esta es relevante para los geógrafos debido a que indican la cantidad o cualidad de un fenómeno determinado que ocupa un lugar específico en un tiempo también especificado. Los componentes independientes que caracterizan la distribución espacial de un conjunto de hechos se determinan por un patrón o arreglo, una densidad y una dispersión que se definen siguiendo a los criterios de Thomas (1965; *cfr*. Chorley, 1975), que podemos expresar de la siguiente manera:

- El patrón (*pattern*) de una distribución espacial es la disposición por área geométrica de los hechos geográficos que están dentro del área estudiada, sin tener en cuenta su tamaño.
- La densidad de una distribución espacial es la frecuencia total con que se produce o presenta un fenómeno dentro del área estudiada, en relación con el tamaño de esta.
- La dispersión de una distribución espacial es el grado de difusión o expansión de los hechos geográficos dentro del área referencia, en relación con el tamaño de esta.
- Los hechos se pueden interpretar como la interrelación entre los elementos del territorio natural y el ser humano.

Los diagramas de la Figura 7.2 se emplean para ilustrar ejemplos de estos conceptos en los cuales cada uno de ellos es de disposición variable con independencia de los demás.

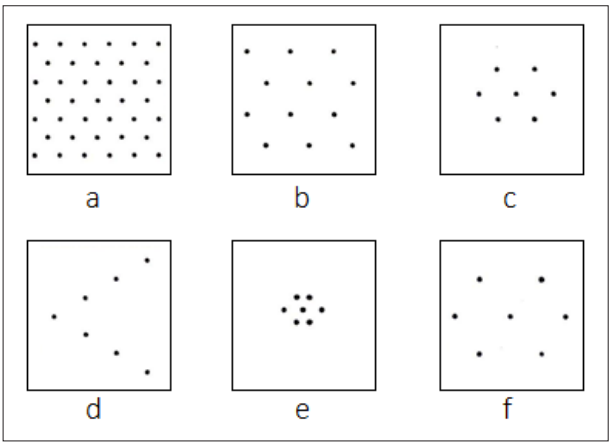


Figura 7.2. Thomas (1965) ocupa estos ejemplos para ilustrar las características de la distribución espacial: los diagramas "a" y "b" cuentan con mismo patrón y la misma dispersión, pero difieren en densidad; los diagramas "c" y "d" tienen la misma densidad y dispersión pero diferente patrón. Los diagramas "e" y "f" muestran la misma densidad y patrón, pero difieren en dispersión. Fuente: Dacey (s/f); *cfr*. Chorley (1975).

Andrés Etter (1991) escribe al respecto: "Los flujos masivos de materia son inducidos por gradientes energéticos que resultan de diferencias de altura, presión o temperatura entre dos o más unidades de paisaje (pueden ser pasivos o activos). Los flujos que ocurren sobre la superficie terrestre o en forma subterránea están mayormente condicionados por la gravedad, como son los procesos hidrológicos y erosivos. Aquellos flujos masivos que tienen lugar en el medio aéreo o acuático están más condicionados por cambios de temperatura y presión, como son las corrientes marinas y los vientos".

"La locomoción es un proceso de alta energía durante el cual el vector invierte activamente energía para realizar un trabajo (caminar, nadar, volar) muchas veces contra la fuerza de gravedad. Contrariamente al proceso de difusión que produce patrones de baja agregación y concentración, la locomoción genera mayor número de patrones de concentración (ciudades, nidos, acopios de diferente tipo…). La locomoción incluye todos los procesos relacionados con los movimientos y migraciones de la biota a través del paisaje y los flujos de materia asociados a ellos".

Tipos de flujos en el paisaje

Los flujos del paisaje tienen que ver con el medio, los vectores de flujo y con las características estructurales de las unidades de paisaje a través de los que ocurre el flujo. De especial importancia son las características de borde y el tipo de gradiente que existen entre una y otra unidad, que pueden ser transición o de tipo más o menos abrupto. Así, el movimiento puede ocurrir:

- A lo largo de gradientes físicos o energéticos, de origen natural o cultural.
- Por medio de barreras, ya sean de acumulación o de eliminación (lagos, pantanos, fallas, etcétera).
- A lo largo de canales de circulación (drenajes, carreteras, entre otros).

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que algunos elementos del paisaje del tipo corredor tienen una función que está directamente ligada a los flujos de materia a través del paisaje (Etter 1991); por ejemplo, los elementos del tipo parche son concentradores o almacenadores de materia.

La intensidad de los procesos naturales es variable, llegando a ser algunas veces muy grande y concentrada en el espacio y el tiempo, lo que da origen a las perturbaciones ecosistémicas. Estas se definen como aquellas acciones que afectan de manera drástica y generan cambios en su estructura y el funcionamiento de un paisaje (deslizamientos, huracanes, quemas…).

Las perturbaciones pueden ser de tipo crónico o bien de tipo esporádico aleatorio, con grados de agudeza variables. Para aquellos paisajes en los cuales las perturbaciones son de tipo crónico, estas le imprimen condiciones de estructura y funcionamiento muy característicos, como es el caso de áreas sometidas a

Tabla 7.3. Elementos estructurales y función de los flujos. Fuente: Etter (1991).

	Función	Tipo de flujo	Bordes	Propiedades
Corredores	Canales o líneas de flujo Barrera Filtro	Masivo Locomoción	Abrupto Gradual	Conductividad selectiva
Matriz	Reservorio Amortiguador Disipador	Difusión Masivo	----	Conectividad Porosidad
Parches	Concentrador Reservorio	Difusión Locomoción	Gradual o abrupto	Aislador

quemas recurrentes o áreas geomorfológicamente inestables con deslizamientos frecuentes.

Zonas de compensación

Los sistemas de áreas de compensación son zonas de equilibrio ecológico semejante a las áreas de naturaleza nativa de un paisaje polarizado o contrastado. Los fenómenos principales de la compensación en el paisaje son los efectos de borde de los distintos ecotonos, que debemos entender como la sección del espacio circundante a la zona núcleo donde las condiciones cambian rápidamente en compensación con las secciones de área prístina adyacente.

El sistema de áreas de compensación es un subsistema del paisaje cultural y tiene las siguientes funciones:

- Recibir deshechos.
- Acumular energía y materia.
- Servir de refugio para las poblaciones naturales.
- Regenerar recursos.
- Servir de barrera, filtro o *buffer*.
- Servir de soporte de armazón o esqueleto para reciclar EMI y del sistema de asentamientos.
- Compensar y equilibrar la salida, el *output* inevitable de las actividades humanas.

El principio más importante en la planificación del paisaje es mantener la diversidad óptima del patrón paisajístico. Esto se logra mediante un sistema de hetereo-niveles de áreas de compensación y de la infraestructura ecológica (corredores e hilera de parches) de los territorios.

Capítulo 8. La actividad humana y el paisaje

Prólogo

Este último capítulo presenta un esbozo acerca de la relación que existe entre las actividades humanas y el paisaje. Se definen algunos de elementos fundamentales de los paisajes, como la matriz, los parches y los corredores, entre otros, los cuales se ligan con la estructura y la biomasa de los paisajes.

Asimismo, se muestran diferentes modelos espaciales de las estructuras urbanas y de los paisajes transformados.

Introducción

Uno de los aspectos más importantes de la historia y la evolución planetaria reciente es el cambio, aceleración e intensificación que han tenido los procesos culturales asociados a la actividad humana. La dimensión de sus efectos y las consecuencias son aún, en parte, impredecibles.

Los efectos que tienen las actividades humanas sobre el paisaje dependen, en primer instancia, de la tecnología, las formas de uso, la densidad poblacional y la estructura social (o comunitaria). Estos aspectos determinan en buena medida el grado y la intensidad de la relación "entorno humano"–"entorno biofísico", lo cual se refleja, en última instancia, en paisaje con patrones característicos.

Tipología de paisajes

En términos generales, se puede hablar de cinco clases de paisajes con relación al tipo, *al grado de intensidad de la actividad humana en una porción de espacio geográfico* (Forman y Godron, 1956).

1. Paisajes naturales: sin impacto humano significante (áreas árticas o partes de desiertos, selvas tropicales, etcétera).

2. Paisajes manejados: aquellos donde se manejan y cosechan las especies nativas, por ejemplo. en áreas de pastoreo o de uso forestal.
3. Paisajes cultivados: aquellos en los que predominan las actividades agropecuarias con reemplazo de las especies nativas. Se presentan generalmente en mosaico con aglomeraciones de viviendas y parches de paisajes manejados.
4. Paisajes suburbanos: áreas compuestas por un mosaico de parches heterogéneos de conjuntos residenciales, cultivos, vegetación seminatural manejada y vegetación natural.
5. Paisajes urbanos: áreas donde la matriz se compone de construcciones urbanas con algunos parches dispersos de vegetación manejada.

Se definen como paisajes naturales aquellos en los que los procesos culturales no están presentes o su actividad no es ecológicamente significativa, en el sentido que solo afecta a la estructura y el funcionamiento del ecosistema en cuestión. Sin embargo, encontrar hoy en día un paisaje que no haya sido modificado por el hombre es cada vez más difícil.

Los paisajes naturales se caracterizan, en general, por presentar una matriz altamente interconectada, que rodea una serie de elementos en forma de parches y corredores pero en una densidad baja. La mayoría de los parches son de tipo "recursos ambientales", aunque también se presentan algunos parches de perturbación. La mayoría de los corredores corresponden a las vías de drenaje. La estructura de la vegetación se presenta en su complejidad potencial máxima, y la biomasa en pie también está en su máximo. De igual manera, la producción neta tiende a ser baja ya que el gasto energético para mantener una biomasa alta es grande. En general, la biodiversidad biológica está en su máximo también.

A medida que entramos a los paisajes manejados aparecen grandes cambios. Aunque la matriz se mantiene como elemento muy extenso, pero algo menos interconectado. La biodiversidad, especialmente de la matriz, disminuye, puesto que empiezan a dominar especies aprovechables por selección del hombre. Y aparecen los corredores lineales de sistemas de comunicación (vías de extracción). Igualmente, se incrementa el número de parches, y aumentan especialmente los de perturbación; sin embargo, el tamaño y la variabilidad de los parches tienden a disminuir.

La productividad neta promedia tiende a aumentar. Los ciclos de nutrientes pueden perturbarse por la acción de manejo del hombre, produciéndose comúnmente pérdidas en el sistema. De otra parte, existe la tendencia a la desaparición de especies nativas, en especial de aquellos que tienen territorios grandes y que ocupan los niveles altos de la cadena trófica.

Tabla 8.1. Resumen tipo de paisajes ligada a la estructura espacial y la biomasa. Fuente: Etter (1991).

	Matriz	Parches	Corredores	Límites de elementos	Biomasa	Biomasa Producción neta primaria	Diversidad spp.	Pérdida de nutrientes
Paisajes naturales	Extensa Homogénea Interconectada Baja porosidad	De recursos De perturbación Grandes pero de gran variabilidad de tamaño	Naturales: drenajes, configuración geológica	Difusos y curvilíneos	En su máximo potencial	Baja o moderada	Muy alta	Baja
Paisajes manejados	Extensa pero nexos interconectados y mayor porosidad	Perturbación El tamaño y la variabilidad	Drenajes y algunos lineales artificiales de transporte	> Límites abruptos y aparecen rectilíneos	Cerca del máximo	Moderada	Disminución debido a la selectividad	Se incrementa
Paisajes agrícolas (tradicionales)	Extensiva e interconectada Algo más heterogénea y porosa	Perturbación, aparecen los introducidos Tamaño Variedad	Drenajes de tipo lineal y artificial	Límites abruptos, aumentan los rectilíneos	Disminuye y se mantiene baja en los parches	Se incrementa en los parches de perturbación y en los introducidos	Disminución	Se incrementa más
Paisajes agrícolas (industriales)	Se reduce drásticamente < Conectividad > Heterogeneidad Matriz de reemplazo	Introducción y perturbación Tamaño Variabilidad Homogenización interna	Dominan los corredores lineales artificiales ligeramente	Geometrización Dominan los abruptos y rectilíneos	Disminuye y varía a lo largo del tiempo	Maximización de la producción	Disminuye fuertemente	Se incrementa, hay subsidez alta
Paisajes suburbanos	Minimización de área matricial Reducción de conectividad	Maximización del número de parcelas todos, introducción o remanentes Variabilidad en tamaño	Dominancia de corredores artificiales	Abruptos y rectilíneos	Baja	Baja a muy baja	Estable con tendencia a disminuir	Moderada a alta
Paisajes urbanos	No hay matriz identificable Máxima geometrización del paisaje	Dominancia de parches introducidos Homogenización de tamaños	Casi exclusivos Corredores artificiales		Mínima	Muy baja a nula	Ligero incremento Diversidad artificial	Moderada

En los paisajes cultivados o agroecosistemas las tendencias que se observan en los paisajes manejados se agudizan. La característica más notable es la geometrización del paisaje como resultado de la parcelación, que da lugar a los patrones culturales del paisaje. Son áreas en las que empiezan a dominar elementos del tipo parche y corredor.

La matriz original disminuye hasta verse reducida a parches aislados. La matriz resultante llega a tener características de estructura y composición muy diferentes de la original, así mismo, se reduce la conectividad como resultado de la fragmentación del paisaje.

La complejidad del sistema de corredores se incrementa por la proliferación de vías de comunicación, canales, cercas vivas, etcétera.

La densidad de los parches aumenta, pero la variabilidad del tamaño disminuye. Se reduce la cantidad de parches de perturbación mientras que umentan los parches introducidos (cultivados).

La producción neta tiende a maximizarse, junto con la cantidad de entradas (subsidios energéticos) al sistema (fertilizantes, agua, etcétera). Los intervalos entre las cosechas se regularizan. La pérdida de nutrientes se incrementa. La biodiversidad disminuye en forma notoria especialmente en áreas de agricultura mecanizada a gran escala; los parches remanentes de los ecosistemas naturales tienden a empobrecerse debido a las perturbaciones y por su aislamiento, que impide el proceso de recolonización de especies después de las extinciones.

Los paisajes suburbanos son, por lo general, los más heterogéneos, y los menos estudiados desde una perspectiva ecológica (Forman y Godron, 1986). Ellos se desarrollan alrededor y en conexión a centros urbanos, por lo cual están íntimamente relacionados con el proceso de urbanización.

En la transición hacia los paisajes suburbanos se aprecia un incremento en los corredores lineales y la complejidad de las redes de corredores, mientras que se minimiza el área matricial así como su conectividad (Forman y Godron, 1986). La parcelación del paisaje llega a su máximo, siendo todos los parches de tipo remanente o introducido. La productividad neta promedio del paisaje es moderada y baja.

El ciclaje de nutrientes y su balance han sido poco estudiados y son difíciles de caracterizar debido a la alta heterogeneidad de estos paisajes.

Los paisajes urbanos son la expresión de la máxima artificialización del paisaje, donde solamente los aspectos muy conspicuos de la geoforma del paisaje original pueden, en algunos casos, ser reconocidos. Los elementos del paisaje dominantes son los corredores lineales, formados por las calles y los parches modelados por

agrupaciones de edificaciones y parques. Estos elementos, a su vez, configuran patrones de grupos específicos en la forma de barrios o áreas de uso distinto.

La estructura del paisaje urbano tiene, por lo general, uno de tres modelos típicos (Figura 8.1):

- Modelo de áreas concéntricas
- Modelo sectorizado
- Modelo de núcleos múltiples

Estos modelos son, en parte, el resultado de la adaptación arquitectónica y urbanística a la base geomórfica en la que se encuentra situada la conurbación (planicie, colina, ladera de montaña, etcétera).

En general, los paisajes urbanos y suburbanos no ocupan sino una porción de una unidad natural de paisaje y no se guían por límites naturales sino artificiales que dependen mayormente del grado de urbanización.

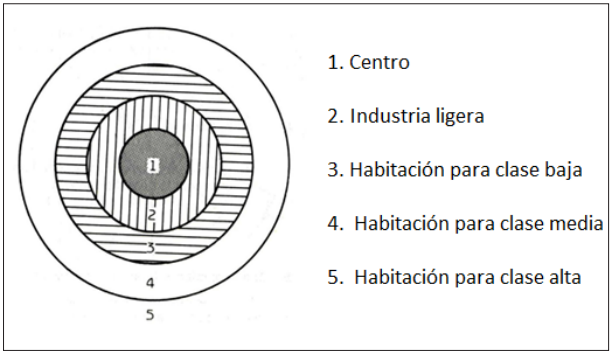


Figura 8.1. Modelos espaciales de estructura urbana. Fuente: Ducci (1989).

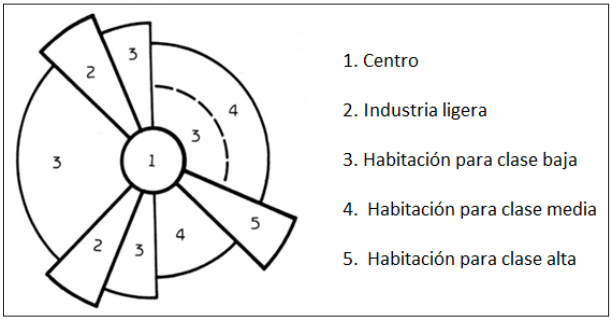


Figura 8.2. Modelos espaciales de estructura urbana. Fuente: Ducci (1989).

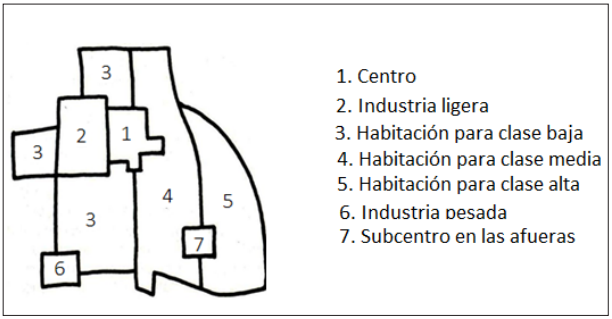


Figura 8.3. Modelos espaciales de estructura urbana. Fuente: Ducci (1989).

Paisajes transformados

En el proceso de la transformación antropogénica de los paisajes es usual distinguir dos tendencias en cuanto a la modificación de la estructura paisajística, y el cambio de los parámetros de la geodiversidad:

- La homogeneización de los paisajes: determinada por la imposición de un mismo tipo y grado de uso y estilo tecnológico en paisajes diferentes. Ello conduce a la simplificación de la estructura paisajística y la reducción de la geodiversidad. Esta tendencia es característica para las grandes plantaciones y haciendas y a los procesos de modernización tecnológica en el uso de los recursos naturales.
- La heterogenización de los paisajes: determinado por la imposición de diferentes tipos y grados de uso y de estilos tecnológicos en un mismo tipo de paisaje. Ello conduce a una mayor complicación de la estructura paisajística y al incremento de la geodiversidad. Esta tendencia es característica para la división y fragmentación de los paisajes en pequeñas propiedades y minifundios.

Calcular qué tipo y grado de uso, y la correspondencia de la diversidad del uso con la estructura natural del paisaje, es una tarea fundamental del análisis geoecológico. Sin embargo, estos cálculos tienen que hacerse en articulación con el análisis funcional y el evolutivo. Ello se debe a que la estructura del paisaje es el soporte que propicia un funcionamiento, una capacidad de autorregulación homoestática (elasticidad) y la evolución del sistema. Así, la optimización de la organización espacial del paisaje implica la búsqueda de la proporción areal óptima (tamaño, forma, ancho, largo) de los tipos e intensidades de uso,

en dependencia de las características de la estructura y de los indicadores de la geodiversidad.

El análisis estructural de los paisajes representa un conjunto de procedimientos científicos y de métodos encaminados a determinar la geodiversidad paisajística o diversidad geoecológica (geodiversidad).

Por geodiversidad paisajística se comprende la variedad, tanto tipológica como individual, de los paisajes en un territorio dado. Ella es el resultado de la interacción dialéctica de la diversidad de los componentes que integran el paisaje, y tiene un carácter histórico-genético, pudiendo ser considerado como una medida del invariante de paisajes. Por invariante del paisaje se considera la formación estructuro-funcional de un paisaje, propio de condiciones geoecológicas dadas para un período de la evolución paleogeográfica.

La geodiversidad es un fundamento material sobre el cual se sostienen y desarrollan otras categorías de la diversidad de la Tierra, por ejemplo, la biodiversidad y la diversidad socio-cultural. Así, variaciones de una de las categorías de diversidad de la Tierra se reflejan en las restantes categorías.

La geodiversidad se manifiesta, de tal manera, a través de los diferentes indicadores de la estructura vertical y, en particular, de la estructura horizontal (su composición, fraccionamiento, heterogeneidad, organización, forma de la imagen, contrasticidad y vecindad).

A cada paisaje le es inherente la geo-diversidad, de tal forma que es una característica propia, incluida en la estructura. Estos atributos sistémicos del paisaje tienen una relación dialéctica con los atributos de funcionamiento, dinámica temporal y evolución. Así, si cambia la estructura, de forma correspondiente deberán cambiar los atributos genético-funcionales y los dinámico-evolutivos.

No hay que olvidar que uno de los principios de la conservación de los recursos naturales es asegurar la geo-diversidad óptima del patrón paisajístico. Esto se logra mediante un sistema de hetero-niveles de áreas de compensación y de la infraestructura ecológica de los territorios (Mateo, 2004).

Paisajes agrarios

Son el producto de la interacción de los dos extremos (sociedad/naturaleza), el ámbito natural (físico-geográfico) y el social (geografía humana), que se sustraen y fueron separados para facilitar su estudio de la esfera geográfica, y ahora se conjugan cuando se analizan desde la geografía, vista como la inscripción de los valores humanos sobre la estructura del espacio natural. Por esto los paisa-

jes agrarios son híbridos, se encuentran en un continuo proceso de cambio con un gradiente hacia la artificialización o antropización del paisaje, modificándolo constantemente en el devenir histórico.

Existen, sin embargo, características propias que, según Pelachs, Soriano y Tulla (2009), son las siguientes:

- Diversidad del uso del espacio agrario, con un diseño y disposición y distribución del arreglo parcelario determinado.

  La diversidad del espacio agrario comprende los diversos usos del suelo: terrenos de cultivo, plantaciones, pastizales para el ganado, etcétera. Con modificaciones de manejo tecnológico a través de sistemas de irrigación, terrazas, bordos, cuerpos de agua de abrevaderos, piscícolas, control de cárcavas, gaviones, graneros, bodegas, establos, estableciendo distintos espacios agrarios.
- Grado de asimilación económica y manejo de técnicas agronómicas, agricultura de subsistencia, comercial, de consumo de carácter local.

  Se deriva de la búsqueda de mejores condiciones a través de la organización eficiente en la productividad agropecuaria, mediante la introducción de maquinaría agrícola, selección de semillas, del establecimiento de sistemas de cultivos más eficientes, entre otras.
- Influencia de las condiciones naturales y a la capacidad de uso del suelo.

  No solo por su uso, sino por las condiciones del medio natural, en México corresponden con la adaptación al trópico seco, trópico húmedo, templadas semi-secas, zonas áridas y semiáridas.
- Sistemas de explotación agraria y la propiedad de la tierra, ligadas a la producción, trabajo y capital.

  Por el sistema de ejidos, comunal colectiva, individual, el tequio. Espacios de poder autoritarios, el cacique y ex hacendado, régimen de feudos (semi feudal), monocultivos comerciales de grandes extensiones.

El campo y la ciudad. Procesos de complementariedad o de sustitución

Las relaciones entre el campo, lo rural y lo urbano, son varias y muy estrechas. La ciudad provee al campo de servicios como la salud, educación, comunicaciones y productos manufacturados. En tanto el campo provee a la ciudad de alimentos y materia prima para la industria. En este sentido, y en función de la población entre ambos, se establecen relaciones con un continuo proceso de transformación

en donde es difícil delimitar lo urbano de lo rural. Unikel (1972, en Ducci 1989) logró, después de analizar diversas variables, establecer los límites siguientes:

- Población urbana: 15 000 habitantes a más.
- Población mixta urbana: de 10 000 a 15 000 habitantes.
- Población mixta rural: de 5 000 a 10 000 habitantes.
- Población rural: menos de 5 000 habitantes.

Nosotros agregamos otra que interviene en México, aunque de menor manera:

- Gobernanza con usos y costumbres culturales de la población ancestral, agricultura tradicional.

Bibliografía

Andrewartha, H. (1981). Distribution and abundance of animals. *Ecology, 50*, 39-53.

Belem, A. y Nucci, J. (2011). Hemerobia de paisajes: concepto, clasificación y aplicación en el barrio Pici-Fortaleza. *Ra'e Ga - O Espaço Geográfico em Análise*, *21*, 204-233.

Bertalanffy, L. V. (1976). *Teoría general de los sistemas*. México: Fondo de Cultura Económica.

Bertrand, G. (1979). Le géosisthéme ou Systhéme territorial naturel. *Revue Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, 49*, 168.

Bocco, G, y Ortiz-Pérez, M. A. (1994). Definición de Unidades espaciales para el ordenamiento ecológico. *Jaina. Boletín Informativo, 5*(1), 8-9.

Bocco, G, Mendoza, M., Priego, A. y Burgos, A. (2009) .*Cartografía de los sistemas naturales como base geográfica para la planeación territorial: Una revisión bibliográfica*. México: INE, Semarnat.

Bollo, M. y Mateo, J. (2004). La Geografía Física en la planificación ambiental: el ejemplo del territorio de ciudad de La Habana. Artículo en extenso en *III Seminario Latinoamericano de Geografía Física. Instituto de Geografía, UNAM*. México: Universidad de Guadalajara, Instituto Nacional de Ecología.

Burel, F. y Baudry, J. (2002). *Ecología del paisaje: conceptos, métodos y aplicaciones*. Mundi-Prensa.

Challenger, A. (2003). La situación actual del medio ambiente en Veracruz: los servicios ambientales y la conservación ecológica. *Memorias del primer Simposio-Taller Internacional sobre Servicios Ambientales en el Estado de Veracruz*. Huatusco, Veracruz: Consejo Estatal de Protección al Ambiente, Gobierno del Estado de Veracruz, Instituto de Ecología, Comisión Nacional Forestal.

Chorley, J. (1962). *Geomorphology and General Systems Theory*. USGS Numbered Series.

Chorley, J. y Kennedy, B. (1971). *Physical geography: a systems approach*. Londres: Prentice-Hall International.

Christofoletti, A. (1979). *Análise de Sistemas em Geografía*. São Paulo: Hucitec.

Cristofoletti, A. y Tavares, A. (1977). Analise de vertentes: caracterizacáo de correlacáo de atributos do sistema en noticia geomorfológica. *Notícia Geomorfológica*, *17*(34), 65-93.

D´Luna, A. (1996). *Geografía General y Fisiografía*. Tesis de Licenciatura en Geografía. División Sistema de Universidad Abierta. México: Facultad de Filosofía y Letras UNAM.

Daubenmire, R. (1968). *Plant communities: A textbook of plan synecology*. Nueva York. Harper and Row.

De Andrade, P. y Rubio, R. (1998). Geomorfología litoral: una propuesta metodológica sistémica en la llanura costera de Ceara, nordeste de Brasil. *Revista de Geografía*, *XXXII-XXXIII*, 165-182.

De Bolós i Capdevila, M. (1981). *Problemática actual de los estudios del paisaje*. Barcelona: Universidad de Barcelona.

De Bolós i Capdevila, M. (1991). *Manual de ciencia del paisaje.* Barcelona: Masson.

De Groot, R. (1992). *Functions of nature: evaluation of nature environmental planning, management and decision-making*. Amsterdam: Wolters-Noordhoff.

De Groot, R. (1994). Environmental Functions and the Economic Value of Ecosystems. En Jansen, A., M. Hammer, C. Folke y R. Costanza (Coord.), *Investing in Natural Capital* (pp. 151-158). Washington: Island Press.

De Pedraza, J. (1996). *Geomorfología. Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Editorial Rueda.

Dollfus, O. (1978). *El análisis geográfico*. Colección ¿Qué sé? Barcelona, España: Oikos-Tau.

Dramstad, W., Olson, J., Forman, R. (1996). *Landscape Ecology: principles in Landscape Architecture and Land Use Planning*. Cambridge: Harvard University, Island Press, ASLA.

Ducci, M. (1989). *Conceptos básicos de urbanismo*. México: Editorial Trillas.

Embleton, C. y Thornes, B. (Eds). (1979). *Process in Geomorphology*. Londres: Edward Arnold.

Espinosa, L. (2009). Morfoedafogénesis: un concepto renovado en el estudio del paisaje. *Ciencia Ergo sum. Ciencias de la Tierra y la Atmósfera, 12*(2), 162-166.

Etter, A. (1991). *Introducción a la Ecología del Paisaje: Un marco de integración para los levantamientos rurales*. Unidad de Levantamientos Rurales. Subdirección de Docencia e Investigación, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia DOI:10.13140/2.14464.512183.

Ferreras, C. y Fidalgo, C. (1991). *Biogeografía y edafogeografía*. Col. Espacios y Sociedades, 6. Madrid: Síntesis.

Forman, T. y Moore, P. (1992). Theoretical foundations for understanding boundaries in landscape mosaics. En A. J. Hansen y F. di Castri (Ed.), *Landscape Boundaries, Consequences for Biotic Diversity and Ecological Flows* (pp. 236-258). Nueva York: Springer-Verlag.

Forman, T. y Godron, M. (1986). *Landscape Ecology*. Nueva York: John Wiley and Sons.

García, A. (2001). Evolution of disturbed oak woodlands: the case of Mexico City´s western forest reserve. *The Geographical Journal, 167*(1), 72-82.

García, A. y Muñoz, J. (2002). *El paisaje en el ámbito de la Geografía*. México: Instituto de Geografía, UNAM.

García, F. (1975). *Organización del espacio rural en la España Atlántica*. Madrid: Editorial Siglo XXI.

Geissert, D. y Rossignol, J. (1987). *La morfoedafología en el ordenamiento de los paisajes rurales*. Xalapa, México: INEREB-ORSTOM.

González, F. (1981). *Ecología y paisaje*. Madrid: Editorial Blume.

Hack, C. (1960). Interpretation of erosional topography in humid températe regions. *American Journal of Science, 258A*, 80-97.

Hardy, F. (1950). Soils of British Caribbean Region. *Conference of Soils Puerto Rico* (pp. 1-37).

Howard, D. (1965). Geomorphological systems - Equilibrium and dynamics. *American Journal Science, 263*, 305-312.

Hugget, R. (2007). *Fundamentals of Geomorphology* (2a. ed.). Nueva York: Routledge Fundamentals of Physical Geography.

Íñiguez, L., Mateo, J., Salinas, E. y Acevedo, P. (1991). *Geografía física general*. Pueblo y Educación.

Krebs, J. (1985). Review: Ecology: The experimental analysis of distribution and abundance. *Bios Journal, 56*(4).

Lacoste, I. (1978). *Geografía del subsesarrollo*. Editorial Elcano-Ariel.

Massiris, A. (2000). Perspectiva geográfica. Programa de Estudios de Posgrado en Geografía (EPG). *Perspectiva Geográfica, 5*.

Mateo, J. (1985). *Geoecología de los paisajes*. Mérida, Venezuela: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes.

Mateo, J. (1984). *Apuntes de Geografía de los Paisajes*. Facultad de Geografía. Cuba: Universidad de La Habana.

Mateo J. (1991). *Geoecología de los Paisajes*. Mérida, Venezuela: Facultad de Ciencias Forestales, Universidad de Los Andes.

Mateo, J. (1999). *La concepción sobre los paisajes vista desde la Geografía Facultad de Geografía*. Cuba: Universidad de La Habana.

Mateo, J. (2000). *Geografía de los paisajes*. Cuba: Facultad de Geografía, Universidad de La Habana.

Mateo, J. (2002). *Geografía de los paisajes*. Cuba: Facultad de Geografía, Universidad de La Habana.

Mateo J. (2004). *Geografía de los paisajes*. Cuba: Ministerio de Educación Superior Facultad de Geografía, Universidad de la Habana.

Mateo, J. (2005). *La concepción de los paisajes visto desde la Geografía*. Cuba: Facultad de Geografía de la Habana.

Mateo J. y Da Silva E. (2007). *La geoecología del paisaje como fundamento para el análisis ambiental*. Recuperado de researchgate.net/publication/26587430

Mateo, J. y Ortiz, M. (2001). *La degradación geoecológica de los paisajes como concepción teórico-metodológica*. Serie Varia. México: Instituto de Geografía, UNAM.

Meijerirnk, A. (1988). Data acquisition and data capture through terrain mapping units. *ITC- Journal, 1*, 23-44.

Morisawa, M. y Clayton, K. (1985). *Rivers: form and process*. Londres, Nueva York: Longman.

Odum, E. (1971). *Fundamentals of Ecology*. EE.UU.: Saunders Company.

Odum, H. y Arding, J. (1991). Energy analysis of shrimp mariculture in Ecuador. Report to Coastal Studies Institute, University of Rhode Island, Narragansett, Center for Wetlands and Water resources Research, University of Florida, Gainesville.

Ortiz, C. y Cuanalo, H. (1978). *Metodología para el levantamiento fisiográfico. Un sistema de clasificación de tierras*. México: Colegio de Posgraduados Chapingo.

Pelachs, M., Soriano, L. y Tulla, P. (2009). Paisajes agrarios. En J. Busquets y A. Cortina Ramos (Coords.), *Gestión del paisaje, manual de protección, gestión y ordenación del paisaje* (pp. 77-95). España: Ariel.

Peña, O. (1978). Los recursos en el marco de una Geografía. *Revista Geográfica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia*, 89, 21-35.

Priego, Á., Bocco, G., Mendoza, M. y Garrido, A. (2010). *Propuesta para la generación semiautomatizada de unidades de paisajes*. Serie Planeación Territorial. México: INE, Semarnat.

Riábchicov, A. (1976). *Estructura y dinámica de la esfera geográfica, su desarrollo natural y transformación por el hombre*. Moscú: Ed. Mir.

Rodríguez, J. (2001). Regiones marinas. En J. L. Suárez de Vivero (Coord.), *Los océanos: medio ambiente, recursos y políticas marinas*. Ediciones del Serbal.

Rossignol, J. (1987a). *La Morfoedafología: Un método de estudio del medio biofísico para la ordenación. En: La morfoedafología en la ordenación de los paisajes rurales: Conceptos y primeras aplicaciones en México*. Xalapa, Veracruz: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.

Rossignol, J. (1987b). Los estudios morfoedafológicos en el área Xalapa-Coatepec, Veracruz. En: *La morfoedafología en la ordenación de los paisajes rurales: Conceptos y primeras aplicaciones en México*. Xalapa, Veracruz: Instituto Nacional de Investigaciones sobre Recursos Bióticos.

Rossignol, J., Geissert, D., y Campos, A. (1989). La cartografía morfoedafológica. Un ejemplo: el mapa a la escala 1:50,000 de la región de Coatepec. *Revista Terra, 7*(2), 93-99.

Rossiter, G. y Wambeke, A. (1977). *Automated Land Evaluation System ALES version 4.65 User's Manual ed. S.T.S.N.T.-r.6.* Itaca, New York: Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences, 280.

Ruhe, A. (1975). On the closeness of eigenvalues and singular values for almost normal matrices. *Linear Algebra and its Applications, 11,* 87-94.

Ruhe, V. (1969). *Quaternary landscapes in Iowa*. Ames, Iowa: Iowa State University Press.

Sagredo, J. (1975). *Diccionario de Ecología*. España: Ediciones Rioduero.

Sanz Tablero, M. (1999). *Ciencias de la Tierra y del medio ambiente*. Madrid: Ediciones del Laberinto.

Saunders, A., Hobbs, R. y Margules, C. (1991). Biological Consequences of Ecosystem Fragmentation: A Review. *Conservation Biology, 5*(1), 18-32.

Savigear, C. (1965). A technique of morphological mapping. *Annals of the Association of American Geographers, 55*, 514-538.

Selvy, J. (1982). *Hillslope materials and proceses*. Oxford University Press.

Slaymaker, O., Spencer, T. y Embleton, C. (2009). *Geomorphology and Global Environmental Change*. Nueva York. Cambridge University Press.

Strahler, A. (1950). Equilibrium theory of erosional slopes, approached by frequency distribution analysis (parts I & II). *American Journal of Science, 248,* 673-696, 800-814.

Strahler, A. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography, *Bid. Geol. Soc. Anetn, 63*, 1117-1142.

Strahler, A. (1984). *Geografía Física*. Barcelona: Ed. Omega.

Strahler, A. y Strahler, A. H. (1991). *Elements of Physical Geography.* EE.UU.: Willey.

Thomas, N. (1965). Algunas cuestiones en torno a las distribuciones espaciales. En R. Chorley (Ed.). (1975). *Las nuevas tendencias de la Geografía*, Instituto de Estudios de Administración Local.

Tricart, J. (1981). *La Tierra planeta viviente*. Madrid: Akal.

Tricart, J. y Kiewiet de Jonge, C. (1992). *Ecogeography and rural management. A contribution to the International Goesphere-Biosphere Programme*. Burnt Hill, Inglaterra: Longman Scientific & Technical.

Tricart, J. y Killian, J. (1982). *La ecogeografía y la ordenación del medio natural*. Barcelona: España.

Twidale, R. (1976). *Analysis of landforms*. Australia: Wiley & Sons,

Van Zuidam, R. (1979). *Terrain Analysis and Classification using Aerial Photographs*. Holanda: ITC Textbook of Photointerpretation.

Vargas, G. (1993). El análisis ecológico en Geografía y el ordenamiento del espacio. *Paisajes Geográficos, XIII*(27), 43-56.

Vester, M. y Calmé, S. (2003). Los ecosistemas terrestres de la península de Yucatán: estado actual de los paisajes, vegetación, flora y fauna. En: P. Colunga-García Marín, P. y A. Larqué Saavedra (Eds.), *Naturaleza y sociedad en el área maya: pasado, presente y futuro* (pp. 159-173). México: Academia Mexicana de Ciencias y Centro de Investigaciones Científicas de Yucatán.

White, D., Mottershead, N. y Harrison, J. (1984). *Environmental systems*. George Allen & Unwin.

Zinck, A. (1988). *Physiography and Soils*. Soil Survey Courses. Holanda: ITC. Enschede.

Zonnelveld, A. 1995. *Land ecology. An introduction to landscape ecology as a base for land evaluation, land management and conservation*. Amsterdam, SPB Publisher.

Zonnelveld, I. (1979). *Land evaluation and landscape science*. Enschede: Aerospace Survey and Earth Sciences.

Apuntes de geografía física y del paisaje, editado por el Instituto de Geografía, se terminó de formar el 2 de agosto de 2019. Para las galeras se usó la fuente tipográfica Adobe Garamond Pro, en 9.5/10, 10/12, 11/13 y 15/17 puntos. Edición realizada a cargo de la Sección Editorial del Instituto de Geografía de la Universidad Nacional Autónoma de México. Revisión y corrección de estilo: Raúl Marcó del Pont Lalli. Formación de galeras: Laura Diana López Ascencio. Imagen de portada: Mario Arturo Ortiz Pérez: Planicie costera, Puerto Marqués, Estado de Guerrero, México (11 de julio de 2002).

Apuntes de geografía física y del paisaje

Mario Arturo Ortiz Pérez

Luis Miguel Espinosa Rodríguez
Gisselle Oliva Valdés
(Editores)

Hombre y profesional apasionado, crítico y original, el Dr. Mario Arturo Ortiz Pérez fue un académico preocupado por formar personas en el campo de la geografía para construir un mejor país. Para lograrlo preparó diversos documentos para los estudiantes del territorio, mismos que abarcan los conceptos elementales de la ciencia geográfica a través de la síntesis y del acopio de ideas centrales de quienes consideró sus guías académicas.

Estos textos fueron –y siguen siendo– usados por becarios, estudiantes, tesistas y profesores, y con el tiempo se convertirían en los "Apuntes". Destacan en ellos dos orientaciones específicas: la primera engloba temáticas relacionadas con la geoecología, la fisiografía, la regionalización y el paisaje, y la segunda se refiere a estudios de geomorfología en diferentes territorios. Esta publicación recupera la primera orientación.

Compuesta de ocho capítulos, *Apuntes de geografía física y del paisaje* aborda temas relacionados con la geografía del paisaje, el análisis de gráficos y de las variables geográficas. Y cada apartado inicia con una breve introducción escrita por las personas y amigos cercanos a Mario Arturo, quienes fueron los responsables de revisar las ideas, la sintaxis y las referencias bibliográficas de las figuras y los textos desarrollados.

Estos *Apuntes* se entretejen en torno a un andamiaje conformado por las ideas acerca de la geografía y el paisaje que fueron elaboradas en un complejo sistema de síntesis académica. Y presentan la integración de la experiencia de vida del Dr. Ortiz Pérez con textos que, si bien se escribieron hace varios años, hoy resultan pilares del análisis geográfico.

ISBN: 978-607-30-1371-0

9 786073 013710