

Modelos teóricos de la Geomorfología aplicada

Luis Espinosa¹, Karla Arroyo¹, José Hernández² y Roberto Franco¹

Universidad Nacional Autónoma de México, estado de México, México / 1 Facultad de Geografía / 2 Instituto de Geografía, e-mail: geo_luismiguel@hotmail.com / karla_kaba@hotmail.com / santana@igg.unam.mx / rfp@uaemex.mx

RESUMEN

El artículo presenta una serie de argumentos teóricos en los cuales se sustenta el estudio del relieve, considerando los modelos de equilibrio, los sistemáticos, los geométricos y desarrollo de procesos, así como las influencias de las presiones geomorfológicas sobre el medio ambiente. La importancia de los elementos teóricos fortalece la aplicación de los conceptos y métodos de la Geomorfología en la solución de diferentes problemas del territorio, tales como la evaluación de amenazas naturales, la planeación económica territorial y el ordenamiento del territorio.

Palabras clave: Conceptos fundamentales, modelos geomorfológicos, procesos en Geomorfología.

ABSTRACT

This paper presents several theoretical arguments where the relieve studies are been sustained, considering different models like the equilibrium, systemic, geometrics and the processes development and behavior geomorphologic pressure on the environment. This theoretical elements strengthen the implementation of the concepts and methods in solving various territorial problems, such as the assessment of natural hazards, regional economic and spatial planning.

Key words: Fundamental concepts, geomorphological models, processes in Geomorphology.

INTRODUCCIÓN

El presente artículo se basa en la investigación documental desarrollada por Arroyo (2008), en la cual se establecen las principales consideraciones teóricas de la ciencia geomorfológica.

El objetivo del mismo se centra en exponer los constructos teóricos que fundamentan el estudio del relieve, considerando los modelos de equilibrio, sistemáticos, geométricos, desarrollo de procesos y los arreglos sistemáticos de las presiones geomorfológicas sobre el medio ambiente.

La gestación, el crecimiento y la evolución de una ciencia depende, en gran medida, de dos factores: el primero de ellos corresponde a la filosofía del pensamiento y, el segundo, se relaciona con el objeto-necesidad que el hombre afronta para solucionar en el devenir histórico. La filosofía de pensamiento es fundamental, debido a que con ella es posible generar planteamientos desde diferentes perspectivas y así resolver algunos problemas, a través de la generación de métodos específicos que, a su vez, resuelven dificultades, forman paradigmas y replantean estos mismos generando otros nuevos. Por otra parte, el objeto-necesidad establece las prioridades y jerarquías que el hombre debe resolver de acuerdo con el tiempo histórico en el cual se desarrolla.

La geografía es un buen ejemplo de transformación desde la perspectiva del pensamiento y del objeto-necesidad referido. El proceso de cambio ha permitido la gestación de una ciencia cuyo objeto de estudio es el relieve, así nace la Geomorfología como ciencia geológica y geográfica, que al igual que su progenitora, se encuentra inmersa en cambios y transformaciones a través del pensamiento y de la búsqueda de soluciones específicas que el territorio le plantea al hombre y a la sociedad (Gráfico 1).

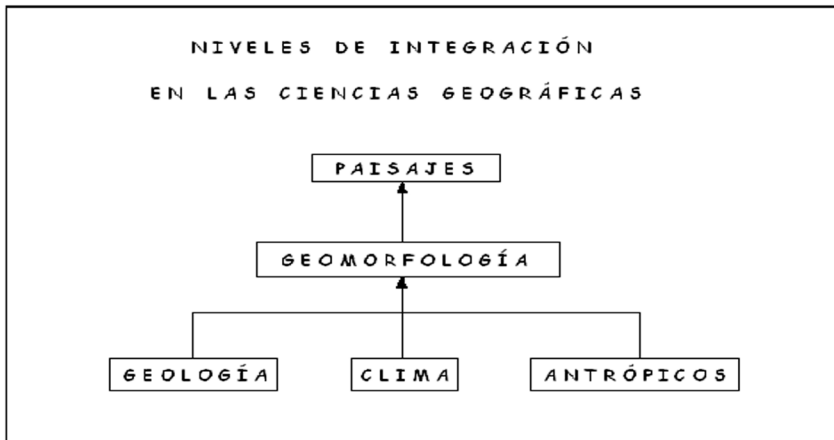


Gráfico 1. Integración de la geomorfología en las ciencias geográficas. Fuente: Arroyo (2008).

Dentro del campo de estudio de la Geografía Física, la Geomorfología tiene como objeto de estudio el relieve, el cual ha sido estudiado desde diferentes puntos de vista teóricos y metodológicos. De acuerdo con Pedraza (1996) para analizar el relieve se puede recurrir a tres métodos básicos, que son: (a) Método geográfico, permite establecer relaciones en las diferentes estructuras del relieve, tomando en cuenta los componentes del espacio como la morfología, la flora, la fauna, los suelos y las actividades antrópicas, entre otras. El fundamento se basa en la regionalización del territorio. Este método permite definir unidades globales e integradas del relieve. (b) Método geológico, establece una jerarquización, basándose en la génesis y la evolu-

ción del relieve; para esto utiliza la relación espacio-tiempo. Uno de los objetivos es poder definir unidades del relieve, en función de la morfología y del desarrollo de los procesos. Este método se fundamenta en el análisis histórico-natural. (c) Método fisiográfico, permite llevar a cabo la regionalización paisajística y clasificar el territorio; para esto se debe correlacionar e integrar el método geográfico y el geológico. Esta información facilita analizar la fisonomía y la morfografía del relieve para definir diferentes tipos de paisaje. De acuerdo con las características del paisaje se determinan categorías y niveles de complejidad del mismo (Gráfico 2).

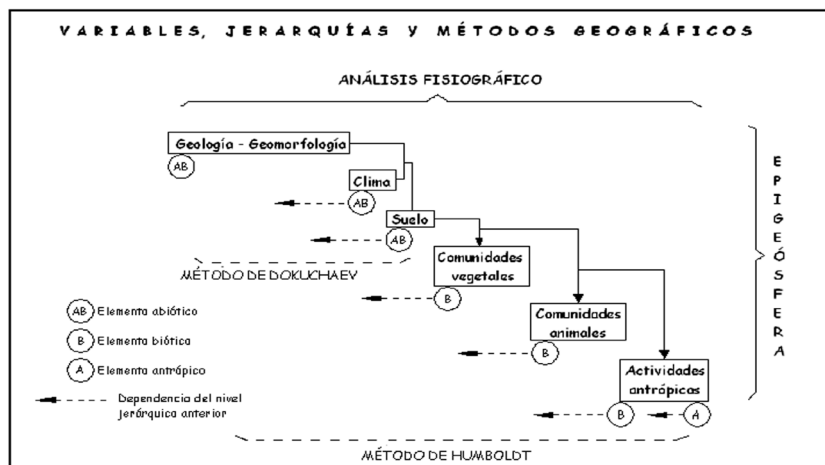


Gráfico 2. Variables, jerarquías y métodos geográficos. Fuente: Arroyo (2008).

Para concretar el objeto de estudio de la Geomorfología, se debe recurrir al análisis de los elementos fundamentales que conforman al relieve; según los criterios de Thornbury (1969) (Cuadro 1) y de Palacio (1995) corresponden a la morfología, la génesis, la edad, la evolución, la

dinámica y la distribución espacial, aunque también la estructura del relieve.

El cuadro 1 muestra las características de cada uno de los elementos citados, exponiendo las particularidades y su importancia.

Cuadro 1 Elementos de Análisis Geomorfológico

Elementos	Características
Morfología	Identifica las características del relieve, algunos datos estructurales y clasifica de manera cuantitativa y cualitativa
Génesis	Considera dos variables que son el espacio y el tiempo; es decir, determina los procesos que dieron origen al relieve
Edad	Establece el tiempo geológico de las geoformas
Evolución	Cambios que sufren las geoformas en la escala de tiempo geológico, debido a las presiones de procesos endógenos, exógenos y mixtos
Dinámica	Cambios que sufren las geoformas en el tiempo presente, considerando la variable antropogénica, el clima y la estructura geológica predominante
Distribución	Explica las razones de la distribución espacial y el porqué de la misma, mediante análisis regionales

Fuente. Modificado de Thornbury (1969).

MODELOS TEÓRICOS DE LA GEOMORFOLOGÍA

En la historia evolutiva de la geomorfología se han generado y planteado diversas teorías, leyes, métodos y modelos para explicar y entender las diferentes formas y estados evolutivos del relieve. Por ejemplo, Pedraza (1996) considera cuatro modelos fundamentales para analizar el relieve; éstos son: los de decaimiento o equilibrio estable finalista, los dinámicos o equilibrio metaestable de transiciones, los del régimen permanente o equilibrio indiferente, y los termodinámicos y de inestabilidad permanente.

Modelos de Decaimiento o Equilibrio Estable Finalista

En el año 1875, Powell introduce el concepto de “nivel de base” el cual es retomado por Davis para definir la penillanura, como una zona de mínima energía de posición, por lo que esas condiciones serían el estado de máximo equilibrio del relieve (Pedraza, 1996); y con ello, Davis introdujo el término de graded rivers (ríos nivelados) (Gráfico 3).

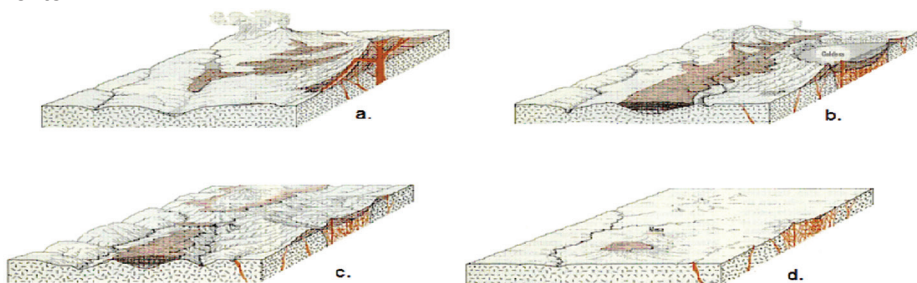


Gráfico 3. Modelo geomorfológico de evolución de un relieve volcánico: (a) representa la fase inicial de desarrollo erosivo de los volcanes y las coladas de lava; (b) la fase de caldera formada, en el desarrollo erosivo; (c) la fase de madurez; y (d) la fase de senectud. Fuente: Strahler, (1984).

Modelos Dinámicos o Equilibrio Metaestable de Transiciones

Mackin (1948) redefine el concepto de río nivelado e introduce el de “equilibrio dinámico” apoyándose en las “leyes del modelado” propuestas por Gilbert (1880). Este planteamiento es contrario al de Davis; el equilibrio siempre será provisional y puede alcanzarse en cualquier estado evolutivo, por lo que no precisa una tendencia determinante hacia un “estado final”.



Modelos del Régimen Permanente o Equilibrio Indiferente

Hack (1975) propone un sistema de ajustes continuos o “régimen permanente” (steady state); este modelo expresa que el equilibrio de un río no está controlado por su nivel sino por su potencialidad erosiva a lo largo del régimen permanente (Gráfico 4).



Gráfico 4. A la izquierda el Gran Cañón, donde se observan los estratos y los diferentes niveles generados por el proceso erosivo, que hasta la fecha continua con la disección vertical del mismo. A la derecha el Arco Delicado, formado por procesos erosivos, y actualmente modelado por termoclastismo y erosión eólica

Modelos Termodinámicos y de Inestabilidad Permanente

Chorley y Morley (1959) aplicando la Teoría de Sistemas y conceptos termodinámicos consideraron que el sistema geomorfológico es abierto, en donde existen variables que lo modifican y tiene un “estado final o estático”.

Este modelo es una combinación entre el “equilibrio dinámico” y el “régimen permanente”; el Gráfico 4 muestra un ejemplo de esta condición en el Parque Nacional de Los Arcos en Utah; mientras que el Gráfico 5 tomado de Pedraza (1996) muestra las características de los modelos referidos.

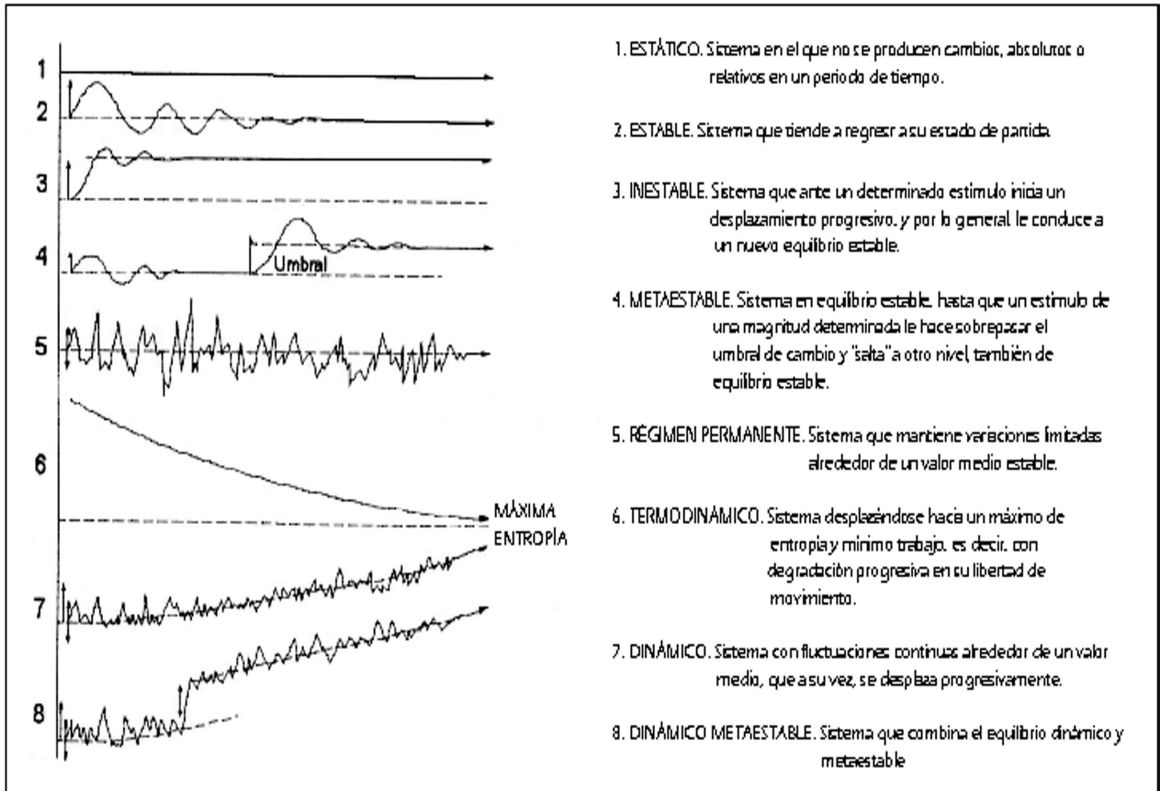


Gráfico 5. Modelos propuestos para el análisis geomorfológico. Fuente: modificado de Pedraza (1996).

Dentro del sistema coexiste un proceso de autoregulación, que permite encontrar el equilibrio; durante este proceso habrá un crecimiento ilimitado en la entropía, lo cual generará cambios dentro del sistema.

LOS SISTEMAS APLICADOS EN GEOMORFOLOGÍA

La inclusión de la Teoría de Sistemas a la geomorfología por Chorley y Kennedy; y Hugget (Thorn, 1988), precisó que el concepto de los sistemas geomorfológicos se ha mantenido como una estructura, de la cual se entienden e intentan explicar los mecanismos (procesos) que operan en el relieve o en el paisaje y los transforman a lo largo del tiempo. Para Summerfield (1991) y Ahnert (1998), en geomorfología se pueden reconocer los siguientes tipos de sistemas:

1. Sistema morfológico: establece las relaciones estadísticas entre las propiedades morfológicas de los elementos del relieve.

2. Sistema en cascada: analiza los movimientos de masa y flujos de energía, a través del paisaje.

3. Sistema de procesos-respuesta: estudia las interacciones entre los dos primeros sistemas como resultado de los ajustes entre proceso y forma.

Castillo (2006) considera que los sistemas geomorfológicos, por lo general, se conciben como sistemas abiertos donde existe el movimiento de energía y materia a lo largo de los límites del mismo; existen entradas (inputs) de energía o masa, las cuales se transmiten a través del mismo y culmina en una salida (output). Asimismo, establece que un proceso fundamental en los sistemas geomorfológicos está dado por las retroalimentaciones; cuando es negativa (negative feedback) el sistema se ajusta a un efecto derivado de una influencia externa; cuando es positiva (positive feedback) una entrada produce un desajuste en el sistema, por lo cual éste busca ajustarse a un nuevo equilibrio (Summerfield, 1991).

Una ventaja del enfoque sistémico es que ha permitido a la geomorfología aplicar modelos o teorías de otras ciencias como la física; ejemplo de ello es el Modelo de equilibrio dinámico (dynamic equilibrium) de Hack (1975), el cual se basa en el principio de que la forma del relieve se encuentran en equilibrio con los procesos actuales, por lo tanto, son independientes del tiempo (Thorn, 1988; Summerfield, 1991; Castillo, 2006).

Este autor define, que en el equilibrio dinámico los elementos del relieve o topográficos se ajustan a los grados de erosión y modelado, de tal manera, que las estructuras y los procesos se encuentran en un estado continuo o invariable (steady state).

Bajo el enfoque sistémico se ha llegado a una importante construcción teórica sobre el tiempo y los procesos geomorfológicos que recaen en la noción de equilibrio. En los procesos se reconoce la existencia de cambios denominados “pulsaciones” a causa de una entrada en el sistema; éstas desajustan el sistema dando lugar a una “histéresis”, en el que existe una condición A, la cual al pasar a B, tiene un regreso que tiende a revertir hacia A pero sin ser igual a ésta (Thorn, 1988).

De acuerdo con Crozier (1999) cuando se presenta un cambio en el tiempo, debido a un impulso se presenta una reacción, la cual se define como el tiempo de relajación (relaxation time), que es el tiempo durante el cual el sistema se ajusta a la nueva condición (Gráfico 6).

TIEMPO DE REACCIÓN DE RELAJACIÓN Y RESPUESTA ANTE UN EVENTO GEOMORFOLÓGICO (CROZIER, 1999)

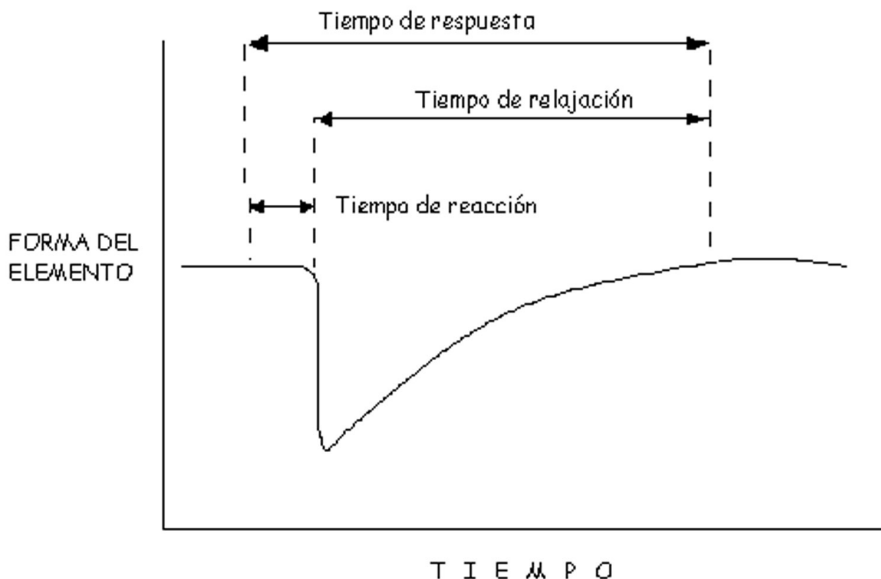


Gráfico 6. Tiempo de reacción de relajación y respuesta ante un evento geomorfológico. Fuente: Crozier (1999; c. p. Castillo, 2006).

El estado de entropía, tomado de los principios de la termodinámica se define en Geomorfología como la energía libre que existe en un sistema aislado; para Chorley y Kennedy (1971), la entropía es como una condición, en la cual se mantiene el balance.

Existen distintas formas de equilibrio que están en función de cómo se analiza el relieve; Summerfield (1991) reconoce cuatro tipos específicos, según la temporalidad a la que se observa y define el comportamiento de procesos en el tiempo; estos son:

1. Tiempo estático: en éste no se observan cambios en el nivel, debido a la corta temporalidad (de orden de días) y la evolución se observa en continuo.

2. Tiempo constante: se observa la evolución del tiempo anterior en una mayor temporalidad (un año); se presentan variaciones en el sistema, aunque no se perciben los cambios en el relieve.

3. Tiempo dinámico: la temporalidad corresponde al orden de los miles de años, en esta fase se observan los cambios en las formas del relieve, caracterizados por una serie de eventos de tiempo constante.

4. Tiempo cíclico: abarca un tiempo superior a la decena de millones de años, la evolución del relieve llega al punto más alto, pues se presenta la nivelación de este.

Los tipos de equilibrio que refiere este último autor se representan en el Gráfico 7.

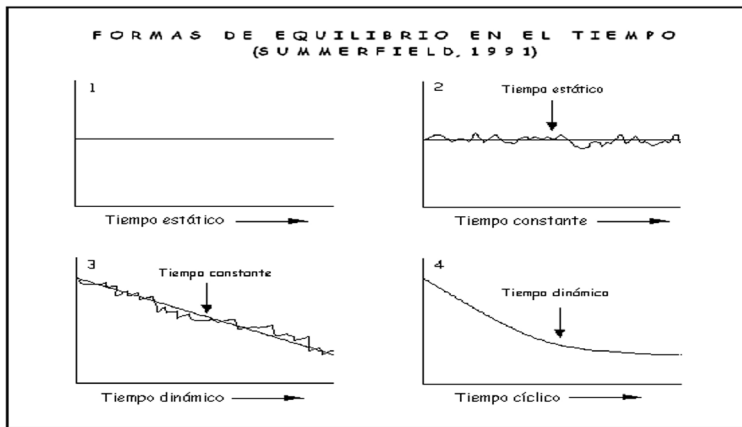


Gráfico 7. Formas de equilibrio en el tiempo según su duración. Fuente: Summerfield (1991; c. p. Castillo, 2006).

Por último, Castillo (2006) afirma que el triunfo de los sistemas en geomorfología es tal, que geomorfólogos como Ahnert (1988, citado en Thorn, 1988) se han encargado de introducir modelos matemáticos, quienes explican a partir de un sistema morfodinámico, en el cual se establece un punto prioritario de análisis, las relaciones de las formas, los materiales y los procesos; así define el término “funcional” para el entendimiento del sistema geomorfodinámico en términos del relieve, la denudación y el levantamiento.

Por su parte, Michal (1984) se ha especializado en la formulación de modelos de laderas; asimismo se considera que uno de los aportes más

valiosos de Kirby (1996) es la introducción de la no linealidad de los procesos geomorfológicos; no obstante, los modelos no plantean ruptura alguna con respecto a los sistemas.

Como ejemplo y dentro de un marco de aplicación morfoedáfica en sistemas de paisajes, el Cuadro 2 representa una clasificación sistemática, donde aparecen los componentes que constituyen los niveles de organización territorial ordenados en disposición de complejidad, de derecha a izquierda y, de arriba hacia abajo, y viceversa.

Cuadro 2

Clasificación del Relieve en el Sistema Morfoedáfico a Través de la Teoría General de Sistemas

Clasificación del sistema morfoedáfico (relieve)			
Elementos y funciones genéricas	Subsistemas	Sistemas	Suprasistema
<p>Génesis y edad: Determina las condiciones, agentes, procesos de formación y energía involucrados en el desarrollo del relieve y geoformas.</p> <p>Geometría: Diferenciación de procesos relacionados con erosión, acumulación o estado de equilibrio. Relación entre la morfología areal y lineal.</p> <p>Litología: Origen y características geofísicas y geoquímicas del sustrato, condiciones de evolución, dureza y grado de resistencia ante la erosión. En la metodología resalta la importancia de los sedimentos superficiales.</p> <p>Pendiente: Manifestación geométrica de la clasificación natural del relieve; se asocia a procesos de origen fluvial y remoción en masa, así como de uso de suelo, edad y ángulo.</p> <p>Densidad de la disección: Manifiesta la relación entre la longitud de cauces por unidad de superficie para evidenciar elementos de control estructural o de tipo erosivo.</p> <p>Órdenes de drenaje: Relación que determina la alometría de los sistemas fluviales y las características de crecimiento de los mismos.</p> <p>Longitud de cauces: Determina condiciones de crecimiento de los sistemas fluviales y ritmo de desarrollo.</p>	<p>Relieve</p> <p>Expresión de los procesos de modelado interno y exógeno de la superficie terrestre a través del tiempo y con grados diferentes de intensidad</p>	<p>Laderas</p> <p>Manifestación del origen, evolución y dinámica del relieve de montaña</p>	<p>Paisaje</p> <p>Expresa el nivel jerárquico más alto de organización espacial</p>

Fuente. Espinosa (2006).

Una característica particular, que refiere el arreglo de los cuadros anteriores, se observa por medio de la capacidad que éstas tienen al analizar, de manera horizontal y vertical, la estructura de los elementos que conforman los niveles jerárquicos de los sistemas y la manera de enlace entre éstos.

La estructura vertical ayuda a observar y entender, en primer lugar, cuales son los componentes que conforman el paisaje y el rango que guardan; mientras que la estructura horizontal refiere las condiciones de enlace entre los diferentes niveles de organización.

Las características funcionales de cada uno de los elementos que constituyen la estructura vertical y horizontal asumen una posición de análisis crítico acerca del orden y función que desempeñan en el sistema, y su jerarquía define el orden que se establece para definir los niveles de integración y organización del territorio.

La clasificación del patrón de funcionamiento de cada uno de los elementos y de los niveles de enlace, que presentan los sistemas, genera opciones para definir soluciones prácticas a complicaciones que se pueden detectar durante el estudio de las variables al entender el carácter funcional de las mismas.

Una vez definidas las funciones específicas de cada nivel de organización se determinan las condiciones del funcionamiento externo e interno del sistema y se accede a generar otros métodos de clasificación territorial.

Este proceso de categorización del territorio conlleva a la determinación de problemas específicos, así como la solución de los mismos por la capacidad de identificación de las fuentes que los originan.

La representación sistémica revela información de las características de las variables y el comportamiento de las mismas, por lo cual se pueden generar niveles de aplicación en el establecimiento de lineamientos para definir características de organización del territorio y planificar el uso del mismo.

MODELOS GEOMÉTRICOS Y DESARROLLO DE PROCESOS

La morfografía agrupa el conjunto de técnicas, procedimientos y métodos utilizados para determinar atributos y características del relieve, con base en ellos permite conocer el sistema de relaciones espaciales que caracterizan a las formas del terreno.

De acuerdo con Pedraza (1996), los objetivos corresponden a identificar contrastes primarios del relieve para su descripción, medida y representación, así como establecer las relaciones que los ligan a otros componentes del "paisaje". La morfografía se divide en dos partes: morfometría y fisiografía, sus aspectos aplicados serán objeto de atención al describir cada proceso.

Sin embargo, habrá que recordar que la fisiografía no se considera únicamente desde la perspectiva de este autor; ya que muchos otros la ubican como una parte integrativa del estudio del espacio geográfico a través de la Geografía Física; o bien, otros la consideran como un sinónimo de ella. A este respecto, Mateo (1984) desarrolló un estudio, en el cual establece la ubicación de la geografía en el campo de estudio de las ciencias y determina las escalas de análisis y funcionalidad de las ciencias físico-geográficas.

Por otra parte, la morfometría se ocupa de los parámetros espaciales con categoría geométrica, es decir, tipología y dimensiones de las formas del terreno, así como todo el conjunto de procedimientos matemáticos que sirven para su catalogación (Pedraza, 1996).

El objeto de llegar a establecer correspondencias entre la geometría del terreno y los procesos que la originan, nació en la década de los años treinta, a lo cual se le llamó Geomorfología Cuantitativa.

El análisis morfométrico se basa en su unidad de referencia que es la pendiente del terreno. De acuerdo con esto, Pedraza (1996) postula un concepto fundamental: la complejidad de las formas establece, que toda forma del terreno es susceptible de ser descompuesta en otra u otras más sencillas, hasta llegar a la unitaria o elemental, la superficie planar, representada por una pendiente.

Así, este autor propone que el análisis morfométrico debe realizarse bajo el procedimiento siguiente: clasificar el relieve, siguiendo un sistema progresivo y estructurado en niveles de aproximación, según la fisonomía del terreno.

El Cuadro 3 contiene un extracto de los niveles de análisis morfométrico, mientras que el Gráfico 8 muestra la pendiente general del territorio correlacionada con diferentes procesos de remoción en masa.

Cuadro 3

Niveles de Análisis Morfométrico.

Nivel	Características generales
Primero	Tipologías y escalas entre pendiente: deben establecerse rangos de medida, en forma cuantitativa (grados o porcentajes) o cualitativo (expresión literal).
Segundo	Articulación entre segmentos de pendiente a lo largo de un perfil topográfico: analiza variaciones en la inclinación, según la tendencia altimétrica.
Tercer	Variaciones y contrastes entre segmentos de pendiente a lo largo de un perfil del terreno: permite asociar segmentos y establecer la relación de cambio o continuidad, para esto debe considerarse, tanto las altitudes como las inclinaciones, elementos necesarios para medir las tendencias del relieve.
Cuarto	Articulación entre perfiles definiendo formas bidimensionales, partiendo de los contrastes del relieve (cambios de inclinación a lo largo de varios perfiles): se determinan líneas de variación en la pendiente, que sirven para separar superficies planas, cóncavas, convexas y mixtas. Estos elementos permiten realizar la cartografía morfométrica, conocida como morfográfica (nombre no apropiado al carecer de referencias y datos fisiográficos).
Quinto	Articulación entre las superficies, dando formas o geometrías tridimensionales, permite analizar las geoformas mediante ecuaciones geométrico-matemáticas, es decir, ecuaciones asociadas a cada proceso y geoforma desarrollada.

Fuente. Modificado de Pedraza (1996).

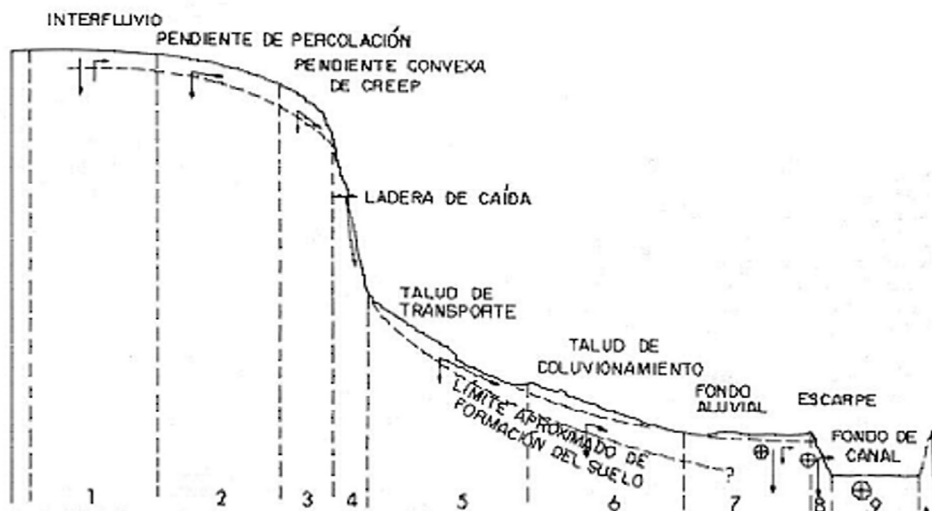


Gráfico 8. Esquematación de las pendientes.

Fuente: Pedraza (1996).

Las geoformas se pueden observar en un mapa topográfico y de acuerdo con la configuración de las isohipsas, éstas representarían las diferentes geoformas del relieve. La configuración general de estas formas representan tres modelos geométricos que son la base de todas las geoformas; éstas son: planas, cóncavas y convexas.

De manera general y de acuerdo con Troeh (1965), la geometría cóncava representa sistemas colectores de agua, mientras que las formas convexas son espaciadoras; es decir que la primera forma geométrica representa la presencia de procesos de erosión y la segunda de acumulación. La geometría plana es un indicador de condiciones de equilibrio entre las geoformas y los procesos que ocurren entre éstas.

Por otra parte, considerando los elementos anteriores y basados en diferentes autores, como Thornbury (1969), Strahler (1984) y Pedraza (1996), el estudio de los modelos geométricos y los procesos que se desarrollan en el relieve, presentan dos variaciones importantes que fundamentan la interpretación y el análisis del mismo. Es así, que se define la importancia de la caracterización cualitativa y cuantitativa del relieve, obteniendo así los parámetros siguientes:

- La determinación de atributos y configuraciones que permiten situar a las formas en el contexto regional al que pertenecen.
- Fundamentan el análisis, la descripción cualitativa y cuantitativa del sistema de relaciones que explican la correlación de las formas del terreno.
- Identifican las acciones individuales de modelado, así como las formas de energía que se asocian con la erosión, el transporte y la sedimentación, las cuales a su vez generan formas simples.
- Definen la actividad en conjunto de dichos procesos, los cuales heredan un grupo de geoformas que corresponden a la articulación de acciones elementales presentes, de manera continua, en el tiempo y espacio, conformando así las unidades geomorfológicas compuestas.

Por su parte, el estudio de los elementos cuantitativos del relieve:

- Determinan condiciones generales de resistencia a la erosión por disposición del sustrato a procesos de meteorización y por actividad humana.
- Interpretan procesos de lavado, deslizamientos y, en general, todos los relacionados con el trinomio: humedad, tiempo y movimiento en masa, así como procesos de erosión lineal incisiva.
- Relacionan procesos de destrucción y formación del suelo en diferentes grados; determinación de procesos acumulativos relacionados con la agregación de elementos formadores del suelo.
- Clasifican los procesos de caída libre, colapsos, así como de desagregación del sustrato.
- Clasifican geoméricamente, a partir de la inflexión, el número y la secuencia de las mismas como un proceso de articulación caracterizado por rupturas y cambios.
- Analizan el número, la longitud de los segmentos del sistema fluvial para determinar grados de energía y obtener el contraste entre unidades territoriales.
- Determinan secuencias, cambios en la inclinación para verificar tendencias del relieve y variaciones de la energía de posición.
- Identifican el carácter de los cambios, las rupturas, la geometría y las tendencias generales de la tipología del segmento.

En otro orden, resulta importante referir las ideas de Brunson (1990), quien ha propuesto diez enunciados que comprenden el marco teórico de la Geomorfología moderna, estos son:

1. El estilo y la localización del cambio de las formas de relieve está determinado por el tipo, la localización y la velocidad de los movimientos tectónicos; así como de sus campos de estrés, asociados sobre la estructura de tiempo y espacio del ensamble de las formas del relieve.
2. Las formas del relieve son modeladas por los procesos tectónicos y erosivos, que actúan de manera simultánea y que, al mismo tiempo, reflejan directamente la relación entre las velocidades de operación de los procesos.

3. El límite inferior de las condiciones para el desarrollo de las formas del relieve está sujeto a las variaciones del nivel del mar, experimentadas durante el tiempo de vida del paisaje.
4. Para cualquier conjunto dado de condiciones ambientales y procesos, se genera una tendencia en el tiempo de producir un grupo de formas de relieve.
5. Las formas del relieve están continuamente sujetas a perturbaciones, las cuales provienen de cambios que ocurren en las condiciones ambientales del sistema. Estos impulsos son episódicos y complejos en todas las escalas.
6. Dentro de cada uno de los regímenes tectónico-climáticos se producen nuevas formas de relieve por eventos de procesos específicos; tales eventos se denominan formativos.
7. Nuevas formas de relieve se producen cuando sucede en la escala de la magnitud y frecuencia del régimen tectónico-climático, en el cual el comportamiento normal se ha transformado y un nuevo sistema se ha creado; estos eventos se denominan geocatastróficos.
8. Cuando un desplazamiento perturbador excede la resistencia del sistema, este reaccionará y se relajará hacia un nuevo estado estable, el cual será expresado por una nueva forma característica.

9. Existe en el paisaje una amplia variación espacial en la capacidad de cambiar las formas del relieve, esto se conoce como sensibilidad de cambio. Por tanto, la estabilidad del paisaje es una función de la distribución temporal y espacial de las fuerzas de resistencia y perturbadoras; por lo que son diversas y complejas.

10. Los impulsos en el cambio de las formas del relieve está causado por la variación de los controles ambientales, la secuencia de los eventos formativos, las catástrofes y las inestabilidades estructurales internas.

ARREGLO SISTEMÁTICO DE LAS PRESIONES GEOMORFOLÓGICAS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Los sistemas naturales se encuentran sometidos a diferentes presiones, como son las estáticas, dinámicas y antrópicas. El Gráfico 9 muestra las relaciones existentes entre las presiones dinámicas y estáticas, que ejerce el relieve sobre el medio natural.

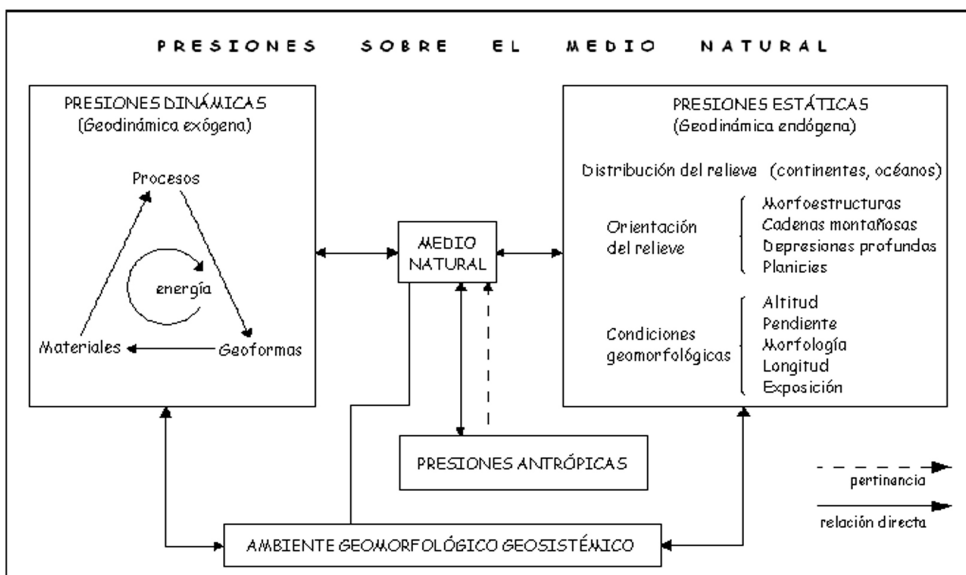


Gráfico 9. Presiones endógenas y exógenas del relieve. Fuente: modificado de Palacio (1995).

Las presiones estáticas permiten conocer la distribución de las morfoestructuras, así como la orientación en el medio natural. Estas presiones son el reflejo, en superficie, de arreglos estructurales internos sin descartar el modelado externo que condiciona mediante las presiones dinámicas, las cuales mostrarán un conjunto de reacciones para cada elemento del medio natural, a partir de flujos de materia y energía.

Por otro lado, las presiones antrópicas son un elemento modificador en el proceso evolutivo del medio natural (biosfera), el cual en algunos casos no ha permitido la posibilidad de la autoregeneración del paisaje natural y, en otros, el factor antrópico lo ha modificado a tal grado, que no se puede hablar de forma estricta de la presencia de paisajes naturales en su totalidad.

En resumen, se establece que los sistemas naturales se encuentran sometidos a diferentes presiones como son: la presión geomorfológica dividida en estática, dinámica, y antrópica; éstas representan modificaciones que influyen en los cambios existentes en el medio natural, las cuales poseen diferentes niveles de cambio en la estructura vertical y horizontal de los paisajes; es por ello, que éstas en su conjunto permiten la comprensión de diferentes geosistemas, ya que analiza los elementos y procesos que intervienen en la formación, distribución y modificación de un sistema natural.

CONCLUSIONES

La Geomorfolología es una ciencia holística, porque debe considerar los factores que inciden en la formación y desarrollo de las distintas formas del relieve, entre las que destacan la geología, el clima y las actividades antrópicas.

Los elementos de interpretación geológica, climática y antrópica sustentan el proceso de análisis e interpretación geomorfológica del relieve, el cual fundamenta el nivel más alto de integración geográfica que corresponde a la esfera de los paisajes o epigeósfera.

En este orden de ideas, vale la pena resaltar los trabajos de Humboldt (1811) y los de Dokuchaev (1879), quienes a través del estudio de las relaciones entre el relieve, el clima y la geología, pro-

pusieron el primer método de análisis geográfico y el método que corresponde al estudio y clasificación de suelos de manera respectiva.

Los elementos que constituyen la epigeósfera presentan diferentes niveles de relación, entre los cuales destacan el nivel jerárquico de los elementos que conforman la esfera de los paisajes. De acuerdo con el orden jerárquico, se observan niveles de dependencia en los cuales el elemento geológico-geomorfológico representa el inicio de la secuencia, que hace posible el desarrollo de la epigeósfera y, por lo tanto, es posible el desarrollo de los elementos abióticos, bióticos y antrópicos. Para ello se emplean múltiples variables que son utilizadas en el desarrollo de diferentes métodos para el estudio territorial, destacando el análisis fisiográfico, el método de Humboldt (1811) y, por último, el de Dokuchaev (1879).

De los elementos del análisis geomorfológico se establece, que el estudio de la morfología, la génesis, la estructura, la edad, la evolución y la dinámica permiten entender las características cualitativas que precisan la forma del relieve, así como los procesos que en éste se desarrollan. De manera particular, destaca el elemento distribución, con el cual se relacionaron los procesos de distribución espacial característicos del análisis geográfico.

Por lo que corresponde a los modelos geométricos, éstos permiten calificar de manera cualitativa y cuantitativa, los atributos que el relieve posee y, con ello, determinar condiciones de origen, evolución y dinámica.

REFERENCIAS

- Ahnert, F. (1998). *Introduction to Geomorphology*. London: Arnold Publishers.
- Arroyo, K. (2008). *Geomorfología: Teoría y pensamiento*. Tesis de Licenciatura en Geografía y Ordenación del Territorio. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Bloom, A. (1979). *Geomorphology: A systematic analysis of late Cenozoic landforms*. Barcelona: A.M. Scientific.
- Brunsdon, D. (1990). *Tablets of stone: toward the ten commandments of geomorphology*. *Zeitschrift für Geomorphologie Supplementband*, 79, 1-37.

- Castillo, M. (2006). Delimitación de unidades ambientales biofísicas en el volcán La Malinche con base en el análisis de unidades morfogénicas. Tesis de Maestría en Geografía. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Chorley, R., y Kennedy, B. (1971). *Physical Geography*. London: Prentice Hall.
- Chorley, R., y Morley, L. (1959). A simplified approximation for the hypsometric integral. *Journal of Geology*, 67, 566-571.
- Crozier, M. (1999). The frequency and magnitude of geomorphic processes an landform behavior. *Z. Geomorph. Suppl. Bd.*, 115, 35-50.
- Davis, M. (1899). El ciclo geográfico: El pensamiento geográfico clásico. *Geographic Journal*, 14, 481-504.
- Dokuchaev, V. (1879). Short Historical Description and Critical Analysis of the More Important Soil Classifications. *Trav. Soc. Nat.*, 10, 64-67.
- Espinosa, L. (2006). Propuesta de evaluación morfoedáfica de paisajes en sistemas de laderas. Tesis de Doctorado en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.C.
- Gilbert, G. (1880). Report on the Geology of the Henry Mountains, U.S. Geographical and Geological Survey of the Rocky Mountains Region. Washington: Department of Interior.
- González, L. y Arcía, M. (1994). Fundamentos teóricos y metodológicos de la Geografía del Medio Ambiente. En: *Geografía del Medio Ambiente: Una alternativa del ordenamiento ecológico*. Toluca: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Hack, J. (1975). Dynamic equilibrium and landscape evolution. W. Melhorn y R. Flemal (Comps.). *Theories of landform development*. Binghamton: A. M. Scientific State University of New York.
- Kirby, M. (1996). A Role for Theroetical Models in Geomorphology. En *RHOADS y THORN (Comps.)*. *The Scientific Nature of Geomorphology: Proceedings of the 27th Binghamton Symposium in Geomorphology*. New York: John Wiley & Sons.
- Mackin, J. (1948). Concept of the grades river. *Geological Society. American Bulletin* 59, 463.
- Michal, I. (1984). Ecosistema-geosistema-geobiocenosis: Una concepción de la Teoría General de Sistemas. México: Editoria Ziva.
- Mateo, J. (1984). *Apuntes de Geografía del Paisaje*. La Habana: Academia de Ciencias de Cuba.
- Palacio, A. (1995). Ensayo metodológico geosistémico para el estudio de los riesgos naturales. Tesis de Maestría en Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México, México D. F.
- Palacio, J. (1985). El croquis geomorfológico: Una alternativa en Geomorfología Aplicada. *Divulgación Geográfica*, (3), 56-69.
- Pedraza, J. (1996). *Geomorfología: Principios, métodos y aplicaciones*. Madrid: Rueda.
- Strahler, A. (1984). *Geografía Física*. Barcelona: Ariel.
- Summerfield, M. (1991). *Global Geomorphology*. London and New York: John Wiley & Sons.
- Troeh, F. (1965). Landform equations fitted to contour maps. *American Journal Science*, 263, 616-627.
- Thorn, C. (1988). *An Introduction to Theoretical Geomorphology*. London: Unwin Hyman.
- Thornbury, W. (1969). *Principles of Geomorphology*. New York: John Wiley & Sons.
- Humboldt, A. (1811). *Atlas géographique et physique du royaume de la Nouvelle Espagne*. "Atlas geográfico y físico del virreinato de la Nueva España".