

Luis Miguel Espinosa Rodríguez
Elementos geomorfológico-cuantitativos del piedemonte nororiental del volcán Nevado de Toluca
Ciencia Ergo Sum, vol. 10, núm. 2, julio, 2003
Universidad Autónoma del Estado de México
México

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10410208>



Ciencia Ergo Sum,
ISSN (Versión impresa): 1405-0269
ciencia.ergosum@yahoo.com.mx
Universidad Autónoma del Estado de México
México

¿Cómo citar?

Fascículo completo

Más información del artículo

Página de la revista

www.redalyc.org

Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso abierto

Elementos geomorfológico-cuantitativos del piedemonte nororiental del volcán Nevado de Toluca

Luis Miguel Espinosa Rodríguez*

Recepción: julio 15 de 2002
Aceptación: febrero 5 de 2003

* Facultad de Geografía, Universidad
Autónoma del Estado de México.
Teléfono: (01 722) 215 02 55
Correo electrónico:
luismiguel_f1@latinmail.com

Resumen. La combinación de factores como la litología, el relieve, el clima y las presiones antrópicas desde la época colonial sobre la ladera noreste del Nevado de Toluca han heredado un conjunto de geoformas y procesos que modelan de forma constante su superficie, todo ello asociado a una problemática particular definida por la ocurrencia de torrentes.

Se ha determinado la geodinámica del sistema a partir de un análisis cuantitativo y morfométrico, destacando la relación entre el material, las formas heredadas y la energía que dinamiza el noreste del volcán.

Palabras clave: relieve, geoforma, torrentes, erosión, acumulación, sistema.

Geomorphological-Quantitative Elements of the Northeast Hillslope of the Nevado de Toluca Volcano

Abstract. A combination of factors like lithology, relief, climate, and the pressures arising from the presence of human beings since colonial times on the north-east hillslope of the Nevado de Toluca volcano, have produced landforms and processes that are constantly modeling the hillslope's surface. All these things are associated with a particular problem caused by denudation and accumulation cycles.

The geodynamics of the system have been established through a quantitative, morphometric analysis that considers the relationship between the materials, the hereditary forms of the terrain and the dynamic energy present in the northeastern part of the volcano.

Key words: relief, landform, modeling, denudation, accumulation, system.

Introducción

El modelado que se presenta sobre la ladera noreste del volcán Nevado de Toluca es resultado de diversos procesos morfogenéticos asociados a la actividad volcánica, así como a influencias de modelado glaciar, periglacial, fluvial, y de manera importante por los cambios que en el uso de suelo se han presentado a lo largo del tiempo sobre sus vertientes; sobresale entre ellas el desarrollo de las actividades primarias, como la ganadería intensiva, la agricultura de temporal, la extracción de materia forestal destinada a diferentes usos, así como el desarrollo de actividades extractivas de materiales para la construcción.

Debido a las presiones antrópicas referidas sobre la ladera, en el piedemonte se presentan problemas que refieren una dinámica geomorfológica caracterizada por la formación, desarrollo y dinámica de torrentes; procesos de remoción en masa, entre los cuales destaca la caída libre de rocas y suelo, flujos de suelo y subsidencia localizada en las porciones periféricas al volcán, e incluso inundaciones en los conos de deyección desarrollados sobre la planicie; procesos que se relacionan con cambios continuos en el paisaje, así como en la afectación de la infraestructura ubicada en el sitio.

Las condiciones litológicas de la ladera en cuestión favorecen el desarrollo de los procesos mencionados. La ladera se encuentra compuesta por material pumítico y tobas de-

leznales que son de fácil acarreo debido a su poca compactación, lo que representa condiciones propicias para el dominio de la rextasia; y se intensifican los procesos de profundización del fondo de los cauces, así como la socavación de los márgenes laterales de éstos; lo que se traduce en erosión remontante y ensanchamiento de valles, propiciando de manera colateral la pérdida de nutrientes de los suelos e inestabilidad de vertientes.

Las características meteorológicas que prevalecen en el volcán juegan un papel primordial en el desarrollo de la morfología sobre las vertientes al exhibirse, por una parte, condiciones que propician crioturbacon con la cual se presenta fragmentación y generación de clastos del sustrato rocoso; y por otra, precipitación de carácter torrencial que genera crecidas o avenidas caracterizadas por su alta capacidad energética observada a través de los procesos de transporte y depositación de sedimentos y de transformación del medio.

La dinámica antes referida ha tratado de ser controlada por medio de obras de infraestructura, como presas de gabiones transversales a los cauces o marginales a éstos, presas de mampostería de diversos tamaños y bordos contruidos por roqueríos o sacos de arena. No obstante, las medidas tomadas hasta la fecha para controlar los eventos y aminorar las consecuencias de los torrentes, sólo han amortiguado en algunos casos los efectos erosivos de éstos, y en otros, coadyuva al desarrollo de la morfogénesis generando saltos de agua de dos y hasta cuatro metros y procesos de cavitación.

A lo anterior resulta necesario sumar las variables pendiente y vegetación como factores de desarrollo de geofomas.

La dinámica de la ladera se encuentra caracterizada por la generación de arroyos torrenciales y movimientos en masa, que son favorecidos por medio de un proceso de destrucción de superficies cubiertas de vegetación y suelo, generados por las características fisico-geográficas dominantes, y por la energía que ejerce el hombre en el paisaje por medio de las actividades económicas.

La combinación de actividades económicas como la explotación forestal, la agricultura de temporal y la industria de la extracción, así como la presión inherente a estas actividades (como la creación de caminos de saca y para la extracción de materiales para la construcción, entre otros), han generado un rápido y agresivo cambio en el uso de suelo en casi toda la porción nororiental del volcán, lo que ha afectado a los procesos de formación de suelos, así como a las comunidades vegetales, y repercuten en las condiciones de arreglo y funcionamiento del paisaje.

Por lo anterior, esta investigación se centró en determinar las condiciones geomórficas que se desarrollan en la

ladera noreste del Nevado de Toluca, atendiendo las características evolutivas del edificio bajo las perspectivas geológicas, ambientales y socioeconómicas.

La ladera noreste del Nevado de Toluca reúne condiciones particulares que motivan el estudio de la misma, entre otros temas destaca el de la evolución geológica de este sector debido a que las dos últimas erupciones se han manifestado sobre las vertientes en estudio, de tal forma que la topografía heredada por dichos eventos conserva las condiciones morfológicas originales a partir de su formación (Bloomfield, 1974 y 1975; Bloomfield y Valastro, 1974 y 1977; Bloomfield *et al.*, 1977).

Se considera que la presencia humana desde tiempos preteritos ha tenido que ver con la intensidad con la cual los procesos de modelado se desarrollan, ya que existen registros de ocupación desde la época prehispánica en los cuales se advierte que hasta nuestros días el uso y la utilización del suelo ejercen presión adicional al modelado natural de las vertientes (Florescano y Gil, 1974).

Por otra parte, resulta importante considerar que la distribución y caracterización de los procesos erosivos y acumulativos de esta porción territorial se encuentran relacionados con afecciones a localidades que se ubican en las porciones marginales del volcán, como son: San Francisco Putla, San Juan de las Huertas, Cacalomacán y Santa María Nativitas, entre otras, así como las ciudades de Toluca y Metepec.

Cabe resaltar que en los objetivos particulares de la presente investigación no se había considerado abordar los conceptos derivados del riesgo o peligrosidad por la ocurrencia de un torrente o un proceso gravitacional; sin embargo, los resultados de la misma condujeron a por lo menos identificar la problemática del sitio y a explicarla de forma genérica.

1. Materiales y métodos de estudio

Para cumplir con los objetivos trazados, se llevó a cabo una revisión de las condiciones generales que predominan en el Nevado de Toluca desde los puntos de vista morfoestructural, volcánico, petrográfico, erosivo, ambiental y socioeconómico; todo ello basado en investigación documental que comprendió desde el periodo colonial hasta nuestros días.

Por lo que corresponde al análisis de la utilización del suelo, se identificaron las superficies de ocupación de cada actividad a través del tiempo mediante una comparación multitemporal de fotografías aéreas, con el fin de establecer cuál ha sido la evolución y modificaciones del flanco NE, tomando en cuenta los cambios en el uso de suelo.

Para estos fines se utilizaron dos mosaicos del Instituto de Investigación e Informática Geográfica y Estadística Catastral del Estado de México de los años 1977 y 1989 a escala 1:20,500 respectivamente; y otro par, del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática a escala 1:75,000 de los años 1993 y 1994, con los cuales se realizó la fotoidentificación e interpretación de elementos lineales y areales de la zona de estudio.

Por lo que respecta a las condiciones climáticas y meteorológicas, el estudio se centró en la precipitación, ya que ésta presenta un comportamiento diferencial e intenso sobre la ladera noreste del volcán, debido a que la topografía del territorio condiciona, de cierta manera, el modo de operación de las corrientes hídricas.

Asimismo, tomó en cuenta el número de días que presentan temperaturas iguales o inferiores a cero grados, con el propósito de relacionarla con los procesos de intemperismo y remoción de materiales; y para el caso del viento, su labor de modelado sobre la superficie no es tan apreciable como lo es en las márgenes laterales de las corrientes fluviales. La obtención de la información meteorológica se llevó a cabo por medio de documentos impresos ya existentes, entre los que destacan el de Graniel (1990) y el *Atlas ecológico del Estado de México* (Gobierno del Estado de México, 1993); mientras que por lo que respecta al último punto, el problema se solucionó a través del trabajo en campo con la utilización de un anemómetro móvil.

En cuanto a las variables geomórficas, el estudio se centró en el conocimiento de aspectos geológicos, sedimentológicos, morfométricos y morfológicos de acuerdo con criterios de diversos autores como Ortiz (1990), Palacio (1985 y 1988), Strahler (1984) y King (1990), entre otros.

También se llevó a cabo el análisis del sistema de drenaje dominante en el volcán, resaltando las características de los torrentes como su profundidad, amplitud, longitud y características de sedimentación. Esta parte del estudio se complementó con el levantamiento de perfiles longitudinales de cada una de las corrientes fluviales a escala 1:20,000, así como de perfiles transversales obtenidos en campo.

Para la determinación de las características de los suelos, los procesos de subsidencia y formación de tepetates, se utilizó la guía para la descripción de perfiles de suelos de la FAO de 1977; se llevó a cabo la determinación del espacio poroso del suelo a través de la comparación de densidad aparente y densidad real del suelo, y se aplicó la técnica de disolución a través de hidróxido de potasio de acuerdo con los criterios de Mireles (2000).

La cartografía geomorfológica base buscó establecer las condiciones altimétricas, de pendiente y de densidad de di-

sección; y también en el análisis de las características morfométricas de la ladera estudiada a través de la relación de bifurcación, y en general, de regresión para conocer las condiciones alométricas de las cuencas que componen al sistema fluvial del edificio volcánico de acuerdo con los criterios establecidos por Horton (Strahler, 1984).

Por otra parte, el análisis de las variables que intervienen en el modelado de la ladera del volcán fue procesado desde el punto de vista estadístico a través del análisis de gráficos de Pareto.

Durante la fase de trabajo en campo se realizaron levantamientos geomorfológicos en detalle bajo con los criterios de Palacio (1985) y Ortiz (1990), además de la verificación propia de la fotointerpretación; asimismo se realizaron observaciones encaminadas al conocimiento de las características estratigráficas de columnas expuestas con el propósito de conocer con detalle los materiales de depósito y la dinámica que éstos ofrecen al modelado de la superficie por medio de procesos como la erosión subsuperficial o caída de materiales por inestabilidad.

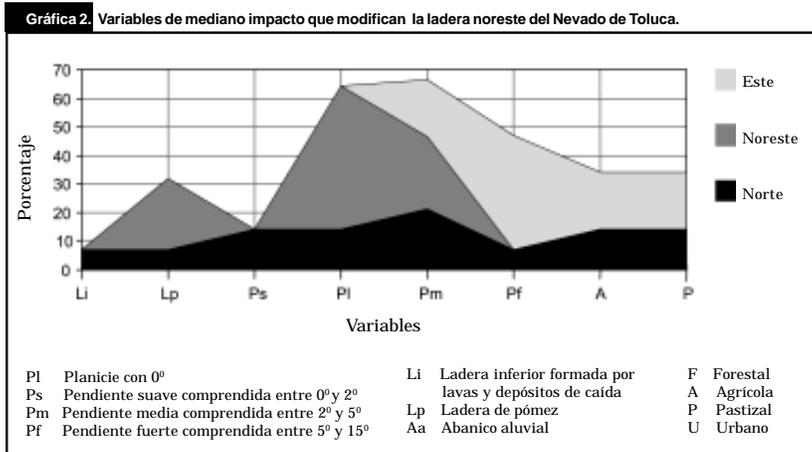
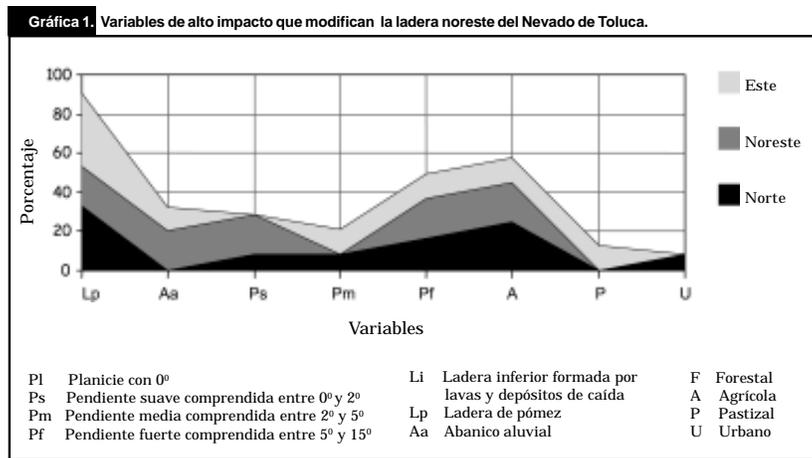
2. Resultados

La primera parte de los resultados encontrados fue la obtenida desde la perspectiva estadística del estudio de las variables que influyen en los procesos de modelado de la vertiente; en este sentido fueron discretizadas las variables que observaron 50% de la responsabilidad de los procesos generados en la ladera, así como aquellas que influyen de una manera media, que si bien no determinan la intensidad de los fenómenos registrados, contribuyen en su desarrollo, y excluyen a las de menor influencia.

El análisis fue realizado en los cauces de mayor importancia en la ladera, distinguiéndose aquellas que se involucran en la mecánica erosiva-acumulativa más desarrollada.

De esta manera se obtuvo un gráfico individual en el cual se representan las condiciones dominantes *in situ* de las corrientes fluviales; para su representación gráfica fue necesario establecer una nomenclatura para cada una de las variables, las cuales se agrupan en clases que involucran la dominancia físico-geográfica del sitio; es decir, registra la geología disectada, la pendiente media de los cauces y el uso de suelo.

Con la información obtenida de los gráficos, se deduce que las variables que afectan el modelado de la ladera se relacionan con el sustrato pumítico, la pendiente media de los cauces así como la utilización del suelo; esto es representado en las gráficas 1 y 2, donde se identifican las variables que impactan sobre la ladera noreste: el material



que conforma la ladera de pómez, la distribución de la pendiente media de los cauces. Además de distinguen los valores medios y fuertes, así como el uso agrícola y pecuario registrados.

Como se observa en dicho gráfico, es la combinación entre el sustrato y el uso agrícola el que domina en el proceso de modelado de la vertiente, favorecido por las condiciones topográficas establecidas a través de la pendiente.

De manera particular, se aplicó este análisis por sectores de la ladera (norte, noreste y este), obteniéndose el comportamiento zonal de las variables antes descritas, de tal forma que se establece el peso específico expresado en porcentaje de las variables que impactan de manera intensa y media sobre la ladera en cuestión.

Como puede advertirse en la primera representación, es la porción oriental la que representa una intensidad que sobresale debido a la combinación de las variables que fueron citadas líneas arriba; en segundo término, es la porción noreste la que identifica una intensidad mayor en cuanto a lo que representa cada variable.

Por lo que corresponde al grupo de variables que coadyuvan al desarrollo del proceso erosivo, se puede citar que en el sector este y noreste se clasifican de manera puntual. Para el primer caso domina la influencia de la pendiente y la utilización del suelo; toda vez que para el segundo es la relación existente entre la distribución de pendientes y el material disectado; mientras que en el norte la combinación de variables tiene un comportamiento más homogéneo en comparación con las porciones territoriales antes referidas.

El conjunto de variables converge de manera puntual en cada uno de los sectores, definiéndose de una manera particular la influencia de las actividades humanas en el sector oriental del volcán.

Se considera que el papel de la litología de la ladera pumítica, los cambios en el uso del suelo y los cambios de pendiente, son factores concomitantes que determinan una dinámica erosiva y acumulativa más intensa en el este de la ladera; ello observado en una alta densidad de corrientes de carácter torrencial y conos de deyección potentes.

Ello no quiere decir que el modelado erosivo no sea intenso al norte y al noreste; por el contrario, representa también ambientes de alta energía en los cuales la ocurrencia de torrentes es significativa, pero menos frecuente.

Todo esto también puede ser observado en las cartas de pendientes, altimétrica, densidad de la disección y energía del relieve; lo que confirma la eficacia de los métodos cuantitativos geomorfológicos empleados, se evidencia con ello que tanto éstos como los estadísticos empleados se complementan, con lo que se obtiene una idea más clara de las variables y los mecanismos que hacen funcionar a los subsistemas que comprenden a la ladera.

Una de las variables que se ha considerado en el estudio de sistema de drenaje en la ladera del volcán se refiere a la Relación de Bifurcación (R_b), que se encuentra sustentada en la Ley de los Números de los Cauces, y establece que el número de segmentos de órdenes inferiores de una cuenca tiende a formar una progresión geométrica que comienza con el único segmento de orden más elevado y crece según una relación constante de bifurcación.

Cuadro 1. Relación de bifurcación de cauces por orden de corriente.

Arroyo	Relación de bifurcación		
	Orden		
	Primero	Segundo	Tercero
La Ciénaga	3.4	5	—
Santiaguito	3.8	4	—
Cano	5.7	4	2
Agua Bendita	4	2.3	3
Zacango	11	—	—
Tata Merced	5	3	—
Calimaya	7	2	—
Terrerillos	3.3	4	3

Bajo esta premisa, en el cuadro 1 se presentan los resultados más representativos de los arroyos obtenidos por dicha relación. Puede advertirse que de manera general las condiciones de crecimiento geométrico propuesta por la relación de bifurcación no se cumplen, y destaca el hecho de que los arroyos localizados en el sector oriental de la ladera son los que presentan resultados que rebasan la proporción normal de la ecuación.

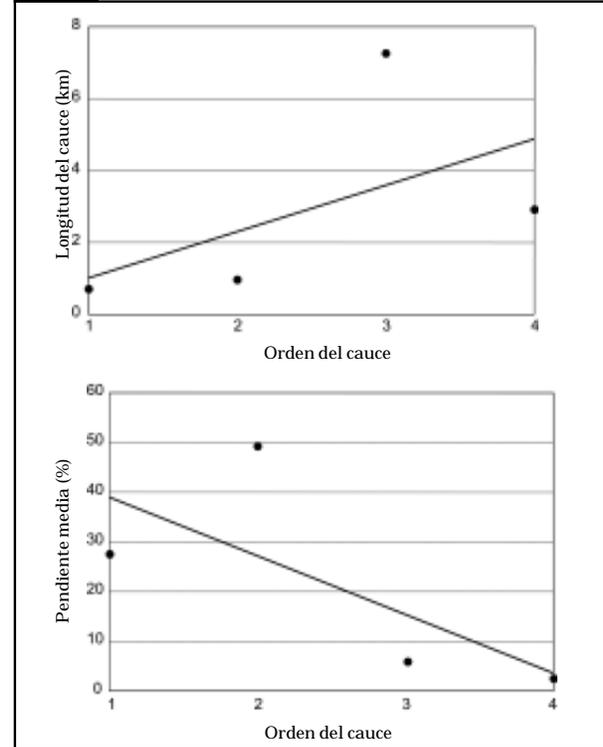
Se señala que la dinámica erosiva de la ladera tiende a ser alta, encontrando la energía denudativa hacia el oriente, pero conservando niveles altos de manera homogénea en toda la zona de estudio.

El amplio desarrollo de corrientes de primer orden es una muestra fehaciente del trabajo erosivo de cauces que atacan de manera remontante a interfluvios y parteaguas, donde las variables de cambio en la utilización del suelo, litología y pendiente encuentran un fuerte eco en el desarrollo de la morfogénesis, de tal forma que aumenta las condiciones de erodabilidad y rextasia del sitio.

El desarrollo de este tipo de corrientes se encuentra asociado a depósitos de ceniza y pómez, áreas impactadas por la presencia humana y a pendientes medias de los propios escurrimientos.

Con el propósito de explicar la relación de bifurcación con la incidencia de problemas de erosión, se han elaborado gráficos de distribución de corrientes de primer y segundo orden estacionados con su localización geográfica, así como sobre la litología sobre la cual se desarrollan.

Los resultados de la comparación de órdenes de cauces de acuerdo con su distribución geográfica y características litológicas del volcán muestran el amplio dominio de este tipo de corrientes, con lo cual se rompe el equilibrio planteado por la ley de los cauces, lo que evidencia la fuerte dinámica erosiva y las porciones territoriales más susceptibles a la erodabilidad. Por otra parte, el análisis cuantitativo de las formas de erosión observó también la relación existente entre los órdenes de corrientes de los cauces con respecto a la longitud de los mismos y las pendientes sobre las

Figura 1. Gráficos de regresión del arroyo Cano.


cuales se desarrollan. A modo de ejemplo, se presentan los gráficos de regresión del arroyo Cano, que fueron realizados para este análisis (ver figura 1).

La relación dada entre la longitud de los cauces y el orden de éstos tiende hacia el desarrollo de una progresión geométrica que guarda una relación constante; ello representa el ritmo de crecimiento o evolución de las cuencas del volcán.

Como se observa en las gráficas, las proporciones geométricas que deberían guardarse en el crecimiento de las cuencas presentan problemas particulares en los cauces de primero, segundo, tercer y cuarto órdenes en las cuencas de los arroyos Cano, las Cruces, Terrerillos, Agua Bendita y Ojo de Agua; la máxima desproporción se encuentra en los dos primeros órdenes, y ello indica que las condiciones de erodabilidad tienden a presentar un comportamiento más alto de los términos normales, además de manifestar una mayor capacidad torrencial.

Los resultados muestran que el factor litológico es un fuerte condicionante para el desarrollo de la morfogénesis, ya que la mayor parte de las anomalías encontradas sucedieron sobre materiales pumíticos, y que éstas se acrecentaban conforme las isopacas tienden a ser más amplias; para el resto de los puntos fuera de la regresión, implica una fuerte influencia de carácter antrópico que modificó el desarrollo de los mismos.

Con referencia a la capacidad torrencial puede advertirse que en la mayor parte de los cauces que presentan problemas, además de desarrollarse sobre un sustrato erodable, la longitud de éstos y su distribución espacial sobre la ladera favorecen el desarrollo de crecidas con alto gasto energético, de tal forma que se constituyen como fuentes de emisión de energía concentrada.

Por lo que corresponde a la relación encontrada entre el orden de drenaje y la pendiente de los cauces, se muestran las condiciones de equilibrio a través de la distancia horizontal y la inclinación del terreno; en este sentido, la alometría se encuentra sustentada en la Ley de Gradientes de los Cauces, donde se logra observar una progresión geométrica de carácter inverso.

Los gráficos exhiben que las anomalías encontradas evidencian zonas de mayor erodabilidad, así como energía concentrada de modelado fluvial; los problemas encontrados se observan sobre la ladera de pómez en el mayor número de los casos y con una fuerte tendencia hacia el sector oriental del volcán.

La relación encontrada entre los órdenes de los cauces y las pendientes muestran una vez más discrepancias de proporción entre las escalas permisibles de relación dadas a través del gradiente de los cauces, lo que manifiesta que existen desajustes importantes en el equilibrio del sistema de las cuencas.

En resumen, el análisis morfométrico de la ladera realizada a través de las gráficas de regresión advierte problemas específicos: la concentración del proceso erosivo en aquellas áreas en las cuales el sustrato pumítico lo permite y donde la presión externa ha ejercido mayor fuerza; asimismo es una muestra de que los ritmos de crecimiento de las cuencas no es normal, de hecho es progresivo y además los gradientes de crecimiento se han disparado de manera importante rompiendo así con el propio equilibrio que una cuenca en su desarrollo normal presentaría.

Los resultados indican la presencia de un conjunto de procesos erosivos que se concentran sobre la ladera NE y E sin excluir al resto del edificio en cuestión, y que éstos trabajan de manera eficiente sobre todo bajo la cota de 3,300 metros, donde los cauces más erosivos son aquellos que poseen poca longitud, menor orden y problemas de correlación entre la pendiente de los mismos y el orden de corriente.

La alometría se encuentra sustentada en la Ley de Gradientes de los Cauces, donde se logra observar una progresión geométrica de carácter inverso.

Por otra parte, se destaca que las obras de infraestructura creadas con el propósito de amortiguar el problema de las avenidas y las inundaciones de la planicie adjunta al piedemonte, no han resultado en general como en la teoría se había planeado, debido al desconocimiento de la dinámica particular de cada cuenca y subcuenca; peor aún, han contribuido con el proceso erosivo pues además de presentarse en la zona flujos torrenciales concentrados, los gaviones y presas de

mampostería localizan puntos de rompimiento de pendiente, que al ser colmatados en su totalidad provocan la generación de otro tipo de procesos que centran su energía denudativa en dichos sectores (ver mapa geomorfológico).

3. Sinopsis

Bajo el enfoque sistémico, se observa que en el Nevado de Toluca los límites y las fronteras del sistema han quedado perfectamente definidas a través de los flujos de materia y energía que entran y salen continuamente, identificándose los siguientes componentes:

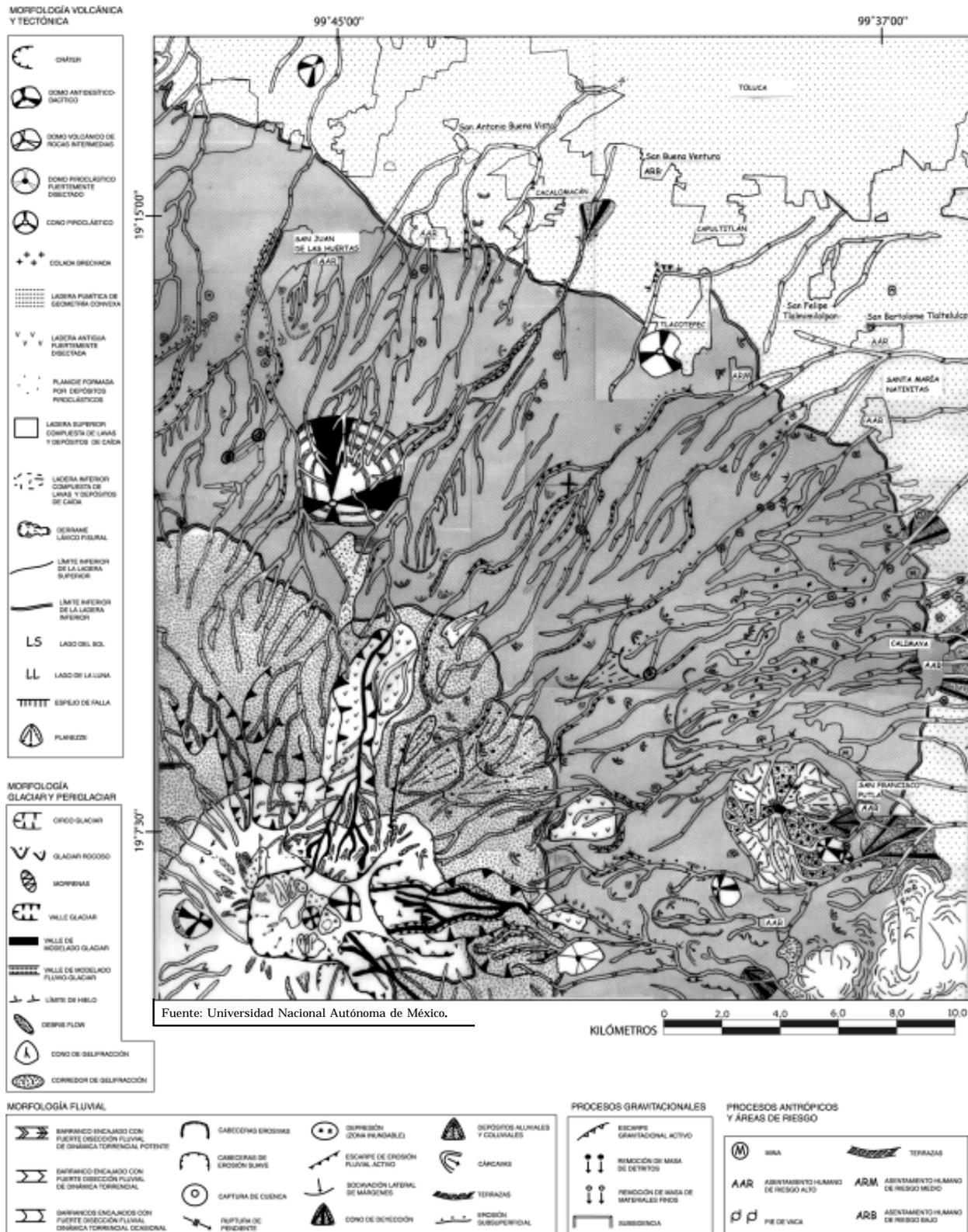
- Morfológico;
- Climático-meteorológico;
- Antrópico.

El primero de ellos depende de la composición del sustrato y de las formas que en éste se han desarrollado desde tiempos antiquísimos, donde la dominancia de las laderas pumíticas alternantes con la pendiente favorecen plenamente el desencadenamiento de los procesos erosivos intensos, que a su vez son activados por la cantidad y distribución de la precipitación y los cambios en la utilización del suelo.

La entrada de materia en el sistema se presenta por lluvias que saturan el sustrato y las que favorecen el escurrimiento torrencial, incorporándose el agua a flujos violentos donde las cabeceras de los cauces cumplen con la función de emisión de agua y sedimentos, situación repetitiva en las confluencias de las corrientes.

El transporte del fluido así como de la carga sólida, generalmente al interior de los cauces, cumplen con una doble función: como fuentes emisoras más destacadas y prominentes que las anteriores y como transmisoras de la materia y energía; al mismo tiempo que las áreas de recepción localizadas sobre la planicie y desenvueltas en los conos de deyección, representan las áreas de salida de los materiales bajo condiciones altamente energéticas resultado de las ria-

Mapa 1. Geomorfología del noreste del Nevado de Toluca.



das; esto en muchos casos provoca la afectación directa sobre los territorios antropizados.

En términos generales se aprecia que el tipo de energía que se necesita para que el sistema naturalmente se desenvuelva sin problemas es el de carácter natural, pero se advierten cambios en el sistema por la incorporación progresiva de energía antrópica, la cual aunque podría considerarse como poco excesiva, la calidad de ésta ha tendido a modificar las condiciones naturales del sitio.

Ha quedado claro que la transformación de la materia y la energía en del sistema se realiza en función de la materia contenida dentro de éste; es decir, la intensidad de los procesos se ve directamente influida por los atributos particulares del sustrato, la cobertura vegetal y el suelo.

Por otra parte, los sistemas por lo general tienden a lograr una armonía dinámica no perfecta a través de las regulaciones generadas por el balance de sustancias y energía; para nuestro caso, no se logra esta relación de igualdad prácticamente en ninguno de los subsistemas. Esto se observa particularmente en el dominio claro de la morfogénesis sobre la pedogénesis.

La autoregulación del sistema parece ser superada por la dominancia de procesos erosivos y las modificaciones constantes al medio, ahora más enfocadas hacia la explotación de bancos de materiales.

Así, la capacidad de amortiguamiento dado al interior del sistema tiende progresivamente a ser menor, por lo que los cambios observados sobre la superficie son evidentes; esto demuestra que la capacidad de respuesta del sistema ante las presiones internas y externas que se ejercen sobre él decae prácticamente de forma continua, lo que nos plantea la posibilidad de encontrarnos frente a un sistema reflejo de altas condiciones de estrés donde sus componentes esenciales se modifican de tal forma que los cambios generados en ellos se dirigen hacia la generación de cambios de tipo secundario.

Estos cambios pueden conducir al sistema a la interrupción del funcionamiento; por lo que, inherentemente asociado a esto, la tendencia general del sistema natural está encaminada hacia la creación de un nuevo sistema con sus propias particularidades, no sin antes haber cesado con la vida funcional del sistema presente.

GLOSARIO

<i>Alometría.</i> Refiere al crecimiento de cuencas considerando el número de orden de los cauces de éstas y el número de segmentos que poseen.	se produce separación de los productos del intemperismo del sustrato original. La erosión se puede desarrollar en forma plana o lineal.	blemente menores. Existen varios términos que definen tipos específicos de piedemonte tales como: glacis, pedestal de las montañas y pedimento.
<i>Cavitación.</i> Proceso de destrucción y remoción de partículas de las rocas generado por corrientes fluviales en el fondo del lecho cuando experimentan cambios de pendiente como en el caso de las cascadas.	<i>Gavión.</i> Estructura antrópica construida de materiales rocosos sujetados por mallas de acero cuya finalidad es disminuir la energía de la acción erosiva de las aguas de un río, se coloca de manera transversal al cauce formando con ello una barrera.	<i>Pómez.</i> Roca ígnea, vítrea porosa, de origen volcánico, que se forma durante las erupciones por un rápido enfriamiento de los magma ácidos o intermedios saturados de vapores y gases. Estas rocas se originan junto con cenizas y tobas volcánicas.
<i>Cono de deyección.</i> Forma acumulativa con aspecto de medio cono recostado, con el ápice hacia arriba. Se origina en la desembocadura de una corriente montañosa, sobre una superficie plana o de poca inclinación; son sinónimos abánico aluvial y cono de eyección.	<i>Morfogénesis.</i> Origen de las formas del relieve de la superficie terrestre en relación con la historia de su desarrollo.	<i>Remoción en masa.</i> Conjunto de procesos de erosión controlados en forma general por la gravedad, además del agua superficial y subterránea. Se le conoce también con los nombres de procesos gravitacionales, procesos o movimientos de laderas y deslizamientos de tierras.
<i>Crioturbación.</i> Alteración de la estructura de los horizontes de suelo por la influencia de procesos criógenos (congelamiento y deshielo).	<i>Periglacial.</i> Tipo de clima o ambiente caracterizado por temperaturas bajas, fluctuaciones por arriba y por debajo del punto de congelación y una fuerte acción del viento. Ubicado el regiones subpolares y en elevadas altitudes.	<i>Rexistasia.</i> Término que refiere a un mayor desarrollo de geoformas en comparación con la generación o desarrollo de suelo; un sinónimo de ésta es fitoinestabilidad.
<i>Denudación.</i> Sinónimo de erosión.	<i>Piedemonte.</i> Superficie marginal a las montañas, de las que se distingue por una pendiente y alturas considera-	
<i>Erosión.</i> Conjunto de procesos por medio de los cuales		

Bibliografía

- Bloomfield, K.
 _____ (1974). *Reconocimiento geológico en el Nevado de Toluca, México*. Serie Divulgación. Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
 _____ (1975). *A Late Monogenetic Volcano Field in Central Mexico*. Sonderdruck aus der Geologischen Rundschau Band, Stuttgart.
 _____ y S. Valastro (1974). "Late Pleistocene Eruptive History of Nevado de Toluca Volcano, Central Mexico", *Geol. Soc. of America Bull.*
 _____ y S. Valastro (1977). "Late Quaternary Tephrochronology of Nevado de Toluca Volcano, Central Mexico", *Overseas Geol.*, Miner Resource.
 _____; G. Sánchez y L. Wilson (1977). *Plinian Eruptions of Nevado de Toluca, Mexico*. Sonderdruck aus der Geologischen Rundschau Band, Stuttgart.
- Florescano E. e I. Gil (1974). "1750-1808: La época de las Reformas Borbónicas y del crecimiento económico", en *Cuadernos de Trabajo del Departamento de Investigaciones Históricas*. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México.
 Gobierno del Estado de México (1993). *Atlas ecológico de la cuenca hidrográfica del río Lerma*. Comisión Coordinadora para la Recuperación Ecológica de la Cuenca del Río Lerma. Tomo I. Cartografía. Toluca, México.
 Graniel, J. (1990). "Carta morfoclimática" en *Proyecto Malpais. Áreas Naturales Protegidas*. Gobierno del Estado de México y Escuela de Geografía, Universidad Autónoma del Estado de México, Toluca, México.
 King, Ch. (1990). *Geografía física*. Oikos Tau, Madrid, España.
 Mireles, P. (2000). *Levantamiento de suelos de la subcuenca del río Mayorazgo, Estado de México*. Tesis de maestría en ciencias (edafología). Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Ortiz, M. (1990). *Perfiles geomorfológicos compuestos*. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
 Palacio, J.
 _____ (1988). "Destrucción de tierras en el flanco oriental del Nevado de Toluca, el caso de la cuenca del arroyo el Zaguán", *Boletín*. Núm. 18. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
 _____ (1985). "El croquis geomorfológico: una alternativa en geomorfología aplicada", *Divulgación Geográfica*. Núm. 3. Instituto de Geografía, Universidad Nacional Autónoma de México, México.
 Strahler, A. (1984). *Geografía física*. Ed. Omega. Barcelona, España.