

## **Caracterización de las unidades ambientales biofísicas del Glacís de Buenavista, Morelos, mediante la aplicación del enfoque geomorfológico morfogenético**

Fidel Martínez García\*  
Jorge López Blanco\*\*

Recibido: 10 de mayo de 2004  
Aceptado en versión final: 2 de agosto de 2005

**Resumen.** Se aplicó el enfoque geomorfológico morfogenético para delimitar y caracterizar a las unidades ambientales biofísicas (UAB) del piedemonte volcánico Glacís de Buenavista, dentro de la subcuenca del río Colotepec, estado de Morelos, México. Los criterios aplicados para la delimitación de las UAB corresponden en la primera fase, a un procedimiento geomorfológico analítico y posteriormente a uno sintético, apoyándose en una base cartográfica temática de geología, climatología, edafología, hidrología y vegetación. El proceso de delimitación de las unidades ambientales estuvo incorporado dentro de un sistema de información geográfica. Se describen las 65 UAB delimitadas, las cuales abarcan 20 272 ha. De acuerdo con su morfogénesis, se clasificaron dentro de siete categorías: 1. Laderas de montaña de origen endógeno volcánico de flujos piroclásticos del Plio-Cuaternario, 2. Lomeríos de origen endógeno volcánico de flujos piroclásticos del Plio-Cuaternario, 3. Piedemontes generales de origen endógeno volcánico de flujos piroclásticos del Plio-Cuaternario, 4. Superficies cumbrales interfluviales con barrancos adyacentes, de origen endógeno volcánico de flujos piroclásticos del Plio-Cuaternario, 5. Piedemontes locales de origen exógeno acumulativo aluviales del Cuaternario (Holoceno), 6. Planicies aluviales de origen exógeno acumulativo del Cuaternario (Holoceno) y 7. Laderas de barrancos de origen exógeno denudatorio del Cuaternario (Holoceno) con planicies aluviales acumulativas marginales. Se sintetizan los aspectos biofísicos de las UAB, así como la condición ambiental actual del área.

**Palabras clave:** Unidades ambientales biofísicas (UAB), unidades morfogenéticas, mapa geomorfológico morfogenético, Glacís de Buenavista, Centro de México.

---

\*Coordinación de Proyectos Hidroeléctricos, Comisión Federal de Electricidad (CFE), Calle Cananea No. 101, esq. Cuexcontitla, Col. Lomas de la Selva, 62270, Cuernavaca, Morelos, México. E-mail: fidel.martinez@cfe.gob.mx

\*\*Instituto de Geografía, UNAM, Circuito Exterior, Cd. Universitaria, 04510, Coyoacán, México, D. F. E-mail: jlblanco@servidor.unam.mx

## **Characterization of the environmental biophysical units of the Glacis de Buenavista, Morelos, by means of a geomorphogenetic approach**

**Abstract.** By means of applying a morphogenetic geomorphologic approach, the environmental biophysical units (EBU) of the Glacis de Buenavista volcanic-piedmont were delineated and characterized. The study area belongs to the Colotepec River Basin in the State of Morelos, Central Mexico. The criteria applied to delineate EBU were, in the first phase an analytic geomorphologic procedure and in the second phase, a synthetic one. The thematic maps of geology, climatology, edaphology, hydrology, and land use/cover were used. In addition, it was included the basic information of the EBU delineation process within a GIS and a CAD environment. A description of the 65 EBU units of the Glacis de Buenavista volcanic-piedmont is included. The study area (20,272 ha) was classified in seven categories according with its relief type, origin, lithology-age and geometric class of relief in: 1. Mountain-slopes of pyroclastic flows of Plio-Quaternary volcanic endogenous origin; 2. Hillslopes of pyroclastic flows of Plio-Quaternary volcanic endogenous origin; 3. General piedmonts of pyroclastic flows of Plio-Quaternary volcanic endogenous origin; 4. Summit interfluvial surfaces with adjacent barrancos of Plio-Quaternary volcanic endogenous origin; 5. Local piedmont of Quaternary accumulative alluvial exogenous origin; 6. Alluvial plains of Quaternary accumulative exogenous origin; and, 7. Barranco's hillslopes of denudational exogenous origin of Quaternary (Holocene) with marginal accumulative alluvial plains. The biophysical characteristics of the EBU and the present environmental situation of the study area were synthesised.

**Key words:** Environmental biophysical units, Morphogenetic units, Geomorphic Morphogenetic Mapping, Glacis de Buenavista, Central Mexico.

### **INTRODUCCIÓN**

La condición ambiental concebida o entendida como el conocimiento que se origina de una caracterización formal de los componentes biofísicos en un espacio geográfico, puede tener diferentes significados. Se puede interpretar como la evaluación de la función e interacción de los ecosistemas; el reconocimiento de los problemas ambientales, o la revelación de las formas y los procesos que se dan en el aprovechamiento de los recursos biofísicos. Con la aplicación del concepto de condición ambiental a los estudios realizados en las cuencas hidrográficas, se infiere que se identifican como unidades ambientales con atributos propios, cualidades que precisan ser evaluadas con juicios precisos, por ser determinantes en la planeación de proyectos integrales de desarrollo, o simplemente para el conocimiento y manejo de los recursos naturales. La investigación de la condición ambiental en las cuencas hidrográficas ha tenido variantes a lo largo de los años (CODEITE, 1970; SRH, 1972, 1973a, 1973b, 1973c, 1973d; Urroz-Jiménez, 1976; López-Blanco, 1988; Flores, 1991), tanto en los

métodos como en los enfoques utilizados. Sin embargo, los resultados obtenidos han demostrado su valor en el diseño de proyectos, con el aporte de elementos sustentados que describan y faciliten el entendimiento adecuado de los atributos que constituyen un espacio geográfico, en particular en las etapas de descripción y de diagnóstico.

Es en este contexto donde se inserta este trabajo, el cual tiene el propósito de contribuir al estudio de las cuencas hidrográficas como un espacio geográfico definido, con métodos sencillos que las describan a partir de sus unidades ambientales, cuya caracterización debe estar apoyada en información biofísica, sintética e integrada. A partir de este enfoque se pretende también evidenciar la importancia que representa la valoración del medio biofísico como un elemento fundamental dentro del proceso de diagnóstico en la planeación socio-ambiental del territorio.

La solución de los problemas ambientales actuales tiene una íntima relación con el enfoque y el tipo de actividades de planeación (o la falta de ella) que se realizó en el pasado re-

ciente, estos son aspectos fundamentales para identificar el grado de vinculación que un proyecto de desarrollo actual pueda tener dentro de su entorno natural y social.

### ÁREA EN ESTUDIO

El Glacís de Buenavista es un piedemonte volcánico que se localiza en la parte media de la subcuenca del río Colotepec, la cual pertenece a la cuenca del Río Grande o Amacuzac en la región hidrológica 18 o Balsas (IMTA, 1996). El piedemonte se extiende entre los estados de Morelos y México, pero su mayor extensión (90% de su área total), se localiza en el primer estado (Figura 1). La superficie del piedemonte dentro de la subcuenca tiene una extensión de 20 272 ha (202.7 km<sup>2</sup>). Sus límites involucran a los municipios de Huitzilac, Cuernavaca, Temixco, Miacatlán y Xochitepec, dentro del estado de Morelos, así como una mínima porción en el municipio de Ocuilán de Arteaga, en el Estado de México. El piedemonte volcánico del Glacís de Buenavista

(PMVGB) está formado por un extenso abanico volcánico, identificable con facilidad tanto en fotografías aéreas e imágenes satelitales, como en mapas topográficos (Figura 2). Se localiza en la parte media de la subcuenca y constituye parte de la formación Cuernavaca (Palacio-Prieto, 1982), también conocida como Glacís de Buenavista (Ortiz, 1977). Tiene un origen poligenético asociado a cambios de regímenes climáticos, procesos de gelifracción y de ladera, que se presentaron en el Cuaternario, dentro del área en donde ahora se observan los restos del volcán Zempoala (Palacio-Prieto, 1982; Ortiz, 1977; Mooser *et al.*, 1996).

Ortiz (1977) sitúa el límite cronológico del glacis en el Holoceno, debido a la presencia de interestratificaciones lávicas dentro de la formación. Las emisiones las considera equivalentes, tanto en composición como en edad, a las del grupo Chichinautzin, pudiendo incluso corresponder al mismo grupo. Palacio-Prieto (1982) menciona que se le atribuye una edad pliocénica asignada particularmente por la presencia de osamentas de elefantes. Mooser

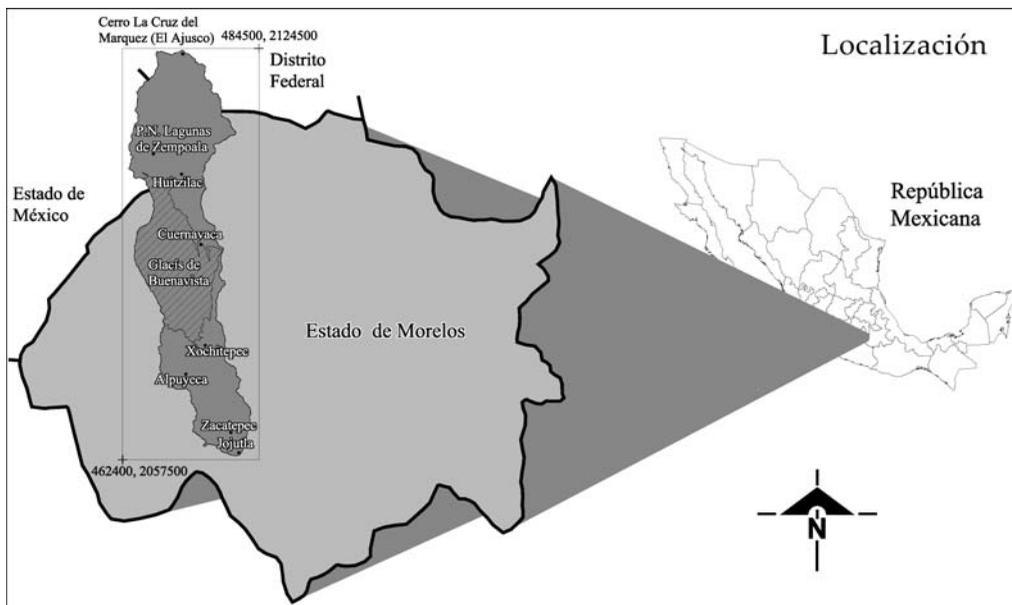


Figura 1. Localización del área en estudio, el piedemonte volcánico Glacís de Buenavista y la subcuenca del río Colotepec, en el estado de Morelos.

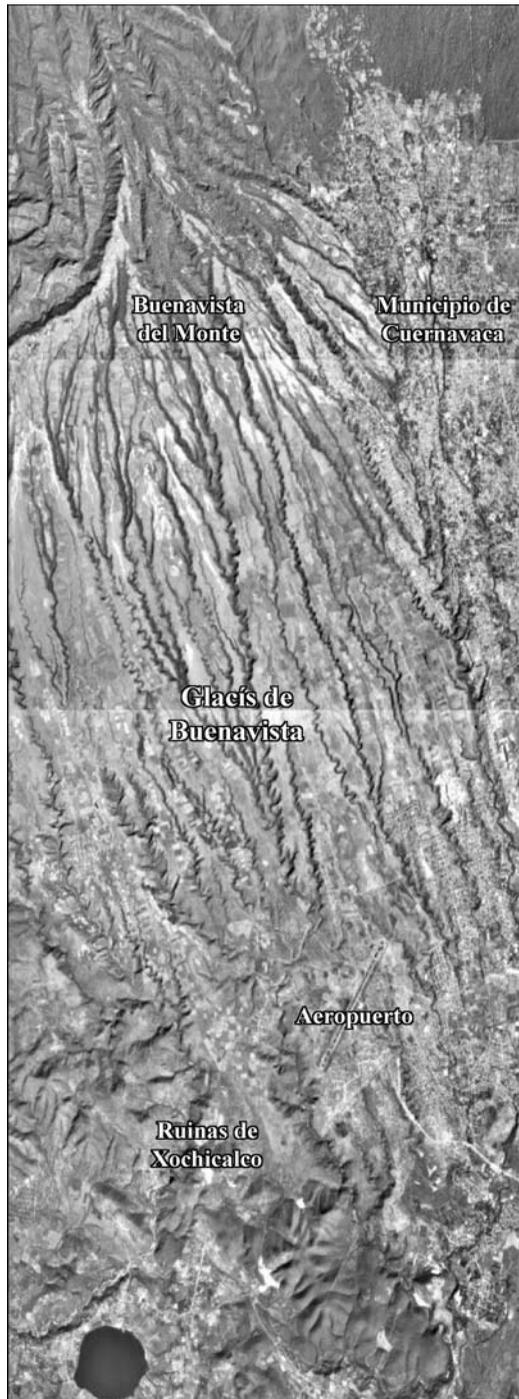


Figura 2. Mosaico de fotografías aéreas a escala 1:75 000 del INEGI (1992 y 1995b) que muestran el piedemonte volcánico Glacis de Buenavista.

*et al.*, (1996) asocian el origen de esta formación con el de las sierras mayores. De acuerdo con estos autores, esas mesoestructuras están definidas por la Formación Tarango, y se caracterizan por la creación de extensos abanicos volcánicos compuestos por flujos piroclásticos de composición intermedia a ácida, capas de pómez, depósitos fluviales y paleosuelos.

El abanico forma un extenso piedemonte que ocupa un amplio sector de la subcuenca desde los 1 100 a los 2 800 m de altitud. Sin embargo, de acuerdo con Aguilar (1998), sus límites reales van más allá del parteaguas de la subcuenca del Colotepec (Figura 1). Dicho autor menciona también que esa estructura volcánica acumulativa queda limitada al poniente por las estribaciones de la sierra de Tejaltepec y por el oriente el Valle de Jiutepec, pero un tercio de su superficie original quedó sepultada por los flujos lávicos producto de las erupciones de varios volcanes pequeños del grupo Chichinautzin, ocurridas en el Holoceno. En esa área algunas estructuras de derrames de flujos basálticos sobreyacen a los materiales del Glacis de Buenavista (*op. cit.*).

Hidrográficamente limita al oeste con la subcuenca del río Tembembe e incluye entre sus límites, como corrientes principales, a los ríos El Sabino, Los Sabinos, La Tilapeña, Chalchihuapan y Colotepec, vía fluvial que da nombre a la subcuenca. Los aportes de esa corriente son manantiales cuyos orígenes son los flujos subterráneos que se alimentan de la infiltración del agua que se precipita en las laderas de los municipios de Ocuilán y Coatepec (Estado de México) y Huitzilac (estado de Morelos). La configuración de la red fluvial corresponde a un drenaje paralelamente asimétrico.

Los tipos de clima predominantes de norte a sur, son tres: el templado subhúmedo, el semicálido subhúmedo y el cálido subhúmedo; todos con régimen de lluvias de verano. Los tipos de suelo con mayor cobertura son el acrisol, feozem y vertisol (SPP, 1983a).

Los tipos de vegetación en el área, de acuerdo con los gradientes altitudinales, son:

A) Al norte, el bosque de coníferas (2 100 a los 2 800 m de altitud), límite inferior de este tipo de vegetación dentro de la subcuenca, representado por los géneros *Pinus* y *Abies*; en menor grado se encuentran asociados con especies latifoliadas del género *Quercus* y *Alnus* (Martínez-García, 2002). Su distribución corresponde con las laderas de montaña del volcán Zempoala, en el municipio de Ocuilán.

B) El bosque mixto, de los 1 900 a los 2 100 msnm, y el bosque de encino de los 1 500 a los 1 900 msnm; con distribución hacia el norte, desciende a altitudes cercanas a los 1 700 m, en el interior de los barrancos con una franca dominancia hasta los 1 900 m; crece en las laderas y a orillas de los arroyos en suelos húmedos. Este último tipo de bosque está representado por especies caducifolias y perennifolias, destacando dentro de las últimas, la especie *Quercus magnoliifolia* (*Ibid.*).

C) El bosque de *Juniperus* (1 700 a 1 900 msnm), representado por *Juniperus flaccida*, se distribuye sobre el piedemonte en pequeños rodales, conviviendo con el pastizal. En altitudes menores a los 1 700 m se intercala con elementos de la selva baja hacia el área de los barrancos. En la misma franja altitudinal se propaga otra especie, *Cupressus lindleyi*, pero distribuida en forma dispersa, siempre asociada a cañadas y sobre suelos profundos. Ambas especies se entremezclan con el género *Quercus* y *Pinus* a una altitud de 1 900 m (*Ibid.*).

D) La selva baja se localiza desde la desembocadura de la subcuenca hasta los 1 900 msnm, cuyos remanentes son frecuentes en las paredes de los barrancos del Glacis de Buenavista, donde se mantiene con cierto grado de conservación. Los representantes de la familia de las *Burseraceae* son buenos ejemplos de este tipo

de vegetación; otros elementos menos frecuentes son de la especie *Pseudomodgingium perniciosum*, a la que se le ha asociado con condiciones de disturbio, principalmente por incendios. Otras especies representativas son *Inga vera*, *Heliocarpus pallidus*, *Guazuma tomentosa*, *Petiveria alliacea*, *Phytolaca icosandra*, *Govania lupuloides*, *Justicia salviflora* y *Erithrina americana*, características de la barranca de Chapultepec (Flores y Martínez, 1990 y Martínez-García, 2002).

E) El bosque de galería está desde la desembocadura de la subcuenca hasta los 1 500 msnm. Se distribuye particularmente en los barrancos El Sabino y El Tecolote, sin embargo, la distribución natural de este tipo de vegetación va más hacia el sur, fuera del glacis y de la subcuenca. La especie dominante en ambos barrancos corresponde a *Taxodium mucronatum*. Existe un último tipo de vegetación de carácter inducido, el pastizal. Esta comunidad está comúnmente representada por las gramíneas y su presencia está determinada por el clima, las condiciones del suelo y el disturbio ocasionado por la actividad humana y el ganado (caprino y vacuno).

## MÉTODO

Para el establecimiento del área en estudio y la posterior realización de la síntesis de las unidades ambientales biofísicas (UAB) a su interior, se consideró como primer paso y como base fundamental del análisis, a la delimitación de las unidades morfológicas a partir de criterios geomorfológicos analíticos. Para ello se aplicaron los fundamentos del enfoque geomorfológico desarrollado durante los años setenta y ochenta por el ITC (*International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences* de los Países Bajos), el cual ha sido modificado y adaptado para las condiciones de heterogeneidad geomorfológica de México, en diversos trabajos (López-Blanco, 1994; Tapia-Varela, 1999; Rodríguez-Hernández,

1999; Arellano-Reyes, 2001; Díaz-Pérez, 2001). Este enfoque adopta un tipo de levantamiento analítico para delimitar cartográficamente a las unidades geomorfológicas de diferentes tipos; asimismo, y posteriormente, se aplica para describir en forma sintética a las unidades ambientales de mapeo. De igual forma ha tenido un amplio reconocimiento como una estrategia útil para la delimitación de unidades cartográficas de referencia, dentro del proceso de planeación ambiental del territorio (Verstappen, 1983; Hooke, 1988; Verstappen y Van Zuidam, 1991; López-Blanco, 1994).

El enfoque geomorfológico plantea tres tipos de levantamientos: el analítico, el sintético y el pragmático (Verstappen y Van Zuidam, 1991). El levantamiento analítico está dirigido hacia la obtención de los mapas geomorfológicos básicos y monotemáticos (morfoestructural, morfogenético, morfodinámico, etc.), cartografía que es de amplia aplicación en diferentes disciplinas. El levantamiento morfogenético es el fundamental dentro de los estudios geomorfológicos e incluye la delimitación de las unidades cartográficas a partir de la consideración de los cuatro aspectos fundamentales del relieve: 1. El origen general y específico, asociado a dos procesos, los endógenos (tectónicos, volcánicos, estructurales, entre otros) y los exógenos o modeladores del relieve (denudación y depósito). Los procesos exógenos modifican las formas generadas por los endógenos. 2. El tipo de relieve (general y específico), representado por las planicies, los piedemontes, las laderas de montaña y los lomeríos. 3. La temporalidad del relieve (edad de las rocas, de las estructuras y de las formas), y 4. Las clases geométricas del relieve, relacionadas con las propiedades cuantitativas de las unidades por delimitar (pendiente, altitud, altura relativa y orientación; Tapia-Varela y López-Blanco, 2002).

El levantamiento sintético para la delimitación de las UAB toma como referencia de partida la información morfogenética del levantamiento analítico previo, integrándola con los

componentes biofísicos del paisaje, como son la geología, clima, suelos, aspectos hidrológicos, vegetación y uso del suelo, etcétera.

El tercer tipo de levantamiento, el pragmático, está encausado para establecer soluciones específicas a problemas originados por fenómenos geomorfológicos, evaluados previamente con los levantamientos analíticos y sintéticos. Particularmente los levantamientos orientados a evaluar los peligros y riesgos por procesos geomorfológicos (inundaciones, gravitacionales, volcánicos, entre otros) son el tipo de aplicaciones características de ese tipo de levantamiento.

Para los propósitos de este trabajo se aplicaron los dos primeros tipos de evaluaciones (analítico y sintético), obteniendo con el primero la delimitación de las unidades morfogenéticas, y con el segundo, la caracterización ambiental de esos espacios delimitados (UAB), los cuales debieron cumplir con el principio de homogeneidad relativa en su interior.

La ventaja principal que da la aplicación del levantamiento geomorfológico para la delimitación de las unidades morfogenéticas radica en su sencillez al considerar juicios precisos de los cuatro aspectos fundamentales del relieve. Otro aspecto importante es la generación de información condensada y sistemática sobre las formas del terreno, los procesos geomorfológicos y los fenómenos ambientales asociados, aspectos reforzados con el trabajo de campo; argumentos fundamentales para una interpretación integral de un espacio geográfico (López Blanco, 1994).

Por otro lado, considerando el ámbito de la delimitación de las unidades ambientales biofísicas, aunque existen ciertas similitudes entre el enfoque geomorfológico basado en criterios de geomorfología sintética (ambiental) con respecto al enfoque metodológico propuesto hace algunas décadas por la SEDUE (1988), en este último no se especifica el proceso para su trazado, ni se considera como elementos primarios de clasificación a los procesos fundamentales del relieve (exógenos y endó-

genos). El criterio de mayor peso en esa metodología (*Ibid.*), es sólo el morfológico en términos de las topoformas (López-Blanco, 1994).

Las etapas básicas para la delimitación de las UAB, de acuerdo con el enfoque geomorfológico, consistieron en el acopio de material de apoyo, después en el procesamiento y el análisis de la información, y finalmente en la obtención de los resultados en forma cartográfica y de bases de datos (Tapia-Varela y López-Blanco, 2002; Martínez-García, 2002).

La información requerida durante el estudio se obtuvo primordialmente de las fotografías aéreas a escala 1:75 000 (INEGI, 1992 y 1995b), las cartas temáticas de geología, clima, edafología (CETENAL, 1979, 1981, 1982a, 1982c y; SPP, 1981; SPP, 1983), uso del suelo (CETENAL, 1981, 1982) y las topográficas en escala 1:50 000 (CETENAL, 1978 y 1982b); asimismo, la carta geológica en escala 1:250 000 (INEGI, 1979) y la publicada por Mooser *et al.* (1996). También se usaron los espaciomapas, tanto el de cubrimiento estatal como el publicado a escala 1:250 000, para la obtención del uso actual del suelo (INEGI, 1995a).

El levantamiento geomorfológico se caracteriza por ser generador de amplias bases de datos espaciales y de atributos (López-Blanco, 1994). Para ello, el procesamiento, análisis de información y obtención de los resultados se realizó aplicando un sistema de información geográfica (ILWIS, véase ITC, 1997 y López-Blanco, 1998). En forma complementaria se utilizó un diseñador asistido por computadora (AutoCAD 14) para el registro de archivos vectoriales.

## Descripción del proceso

La fotointerpretación de las fotografías aéreas se realizó a partir de la búsqueda de los objetos y rasgos visibles presentes (detección, reconocimiento e identificación). A partir de los resultados se clasificaron los objetos de acuerdo con sus características cualitativas y cuantitati-

vas mediante la consideración de la red fluvial, las rupturas de pendiente, la forma y pendiente de las áreas de depósito y el análisis de la vegetación y uso del suelo, por medio de la búsqueda de las áreas de transición como indicadores de diferentes tipos de vegetación, densidad o altura de los individuos. Al principio de la clasificación se consideró el análisis de las morfoestructuras (microbloques y disyunciones generales) y la litología para obtener una fragmentación inicial general por sistemas morfoestructurales. La relación entre los tonos y las texturas de las áreas homogéneas observadas con respecto a las unidades por delimitar, fue un criterio útil para obtener finalmente a las unidades morfo genéticas. Contribuyó al análisis la consulta de las cartas de uso del suelo, en escala 1:50 000, publicadas por CETENAL (1981, 1982a).

Con el empleo de las cartas topográficas a escala 1:50 000 y un escáner se generaron las imágenes en formato de celdas correspondientes al área en estudio. Esto mismo se aplicó para los mapas temáticos en las escalas 1:50 000 y 1:250 000. El mosaico de imágenes de topografía y cartografía temática se importó a un sistema de información geográfica (SIG) para su georreferencia e integración a las bases de datos. A partir del mosaico de imágenes topográficas se generó una base en formato vectorial del área en estudio, digitizando las curvas de nivel con equidistancia de 20 y 10 m (según el caso). La captura de la mayor cantidad de curvas de nivel fue indispensable para generar posteriormente un modelo digital del terreno (MDT), con la resolución espacial adecuada para los objetivos del trabajo y las condiciones del relieve local.

El uso de esta base geométrica del relieve permitió tener una referencia para su posterior clasificación de acuerdo con sus propiedades numéricas por celda. Sobre el mismo mosaico de imágenes de las cartas topográficas fueron digitizadas las unidades morfo genéticas delimitadas previamente por técnicas

de fotointerpretación, obteniendo así su base vectorial correspondiente.

Con base en los datos de las alturas relativas, las unidades morfo genéticas se clasificaron de acuerdo con las siguientes categorías adaptadas al área en estudio: laderas de montaña altas (iguales y mayores a 300 m), laderas de montaña medias (entre 250 y 299 m), laderas de montaña bajas (entre 200 y 249 m), lomeríos altos (entre 150 y 199 m), lomeríos medios (entre 100 y 149 m), lomeríos bajos (entre 40 y 99 m) y planicies (menores de 40 m).

Con el empleo del SIG y la base topográfica digital se generó el MDT, el cual fue la base para la obtención de un mapa con el relieve sombreado (MRS), material valioso para la detección, reconocimiento e identificación de las unidades morfo genéticas; los resultados de la fotointerpretación y el uso del MRS permitieron una delimitación más exacta y rápida de las unidades. Posteriormente se realizó un análisis cuidadoso de lo delimitado, y finalmente se clasificaron los objetos de acuerdo con sus características cualitativas y cuantitativas.

Con el empleo del mosaico de los mapas temáticos y dentro del diseñador asistido por computadora (CAD), se generaron las bases vectoriales de los límites de los polígonos de cada mapa temático. Los segmentos se importaron al SIG y, previa edición topológica, se convirtieron a formato de celdas para generar la base temática de geología, clima, suelo, tipos de vegetación y usos del suelo. Estos mapas fueron sobrepuestos con el mapa de las unidades morfo genéticas, en forma de tabulación cruzada, generando así la composición temática para cada unidad. Las estadísticas de pendiente, altura relativa y altitud por unidad morfo genética fueron obtenidas con el MDT dentro del SIG. Los resultados de las estadísticas sobre uso del suelo al interior del glacis se incluyen en la Tabla 1. En la Tabla 2 se muestra la caracterización de las 65 unidades ambientales biofísicas identificadas. En la Figura 3 se muestra el mapa geomorfológico

Tabla 1. Uso del suelo en el piedemonte volcánico Glacís de Buenavista

Uso del suelo	Cobertura	
	ha	%
Forestal (selva baja), bosque de encino, bosque de galería	3 670	18.1
Forestal (selva baja), bosque de galería	1 609	7.9
Forestal bosque de coníferas (pino)	1 091	5.4
Forestal (selva baja)	1 058	5.2
Forestal bosque de coníferas (oyamel y pino)	852	4.2
Forestal bosque de coníferas (pino), agricultura	45	0.2
Forestal (selva baja), agricultura	16	0.1
Pastizal inducido	5 682	28.0
Agricultura	314	1.6
Urbano	3 992	19.7
Urbano con agricultura	1 413	7.0
Urbano con pastizal inducido	530	2.6
<i>Total</i>	<i>20272</i>	<i>100.0</i>

Los tipos morfogenéticos principales de esas unidades ambientales biofísicas delimitadas dentro del área corresponden con (Figura 3):

1. Laderas de montaña de origen endógeno volcánico de flujos piroclásticos del Plio-Cuaternario
2. Lomeríos de origen endógeno volcánico de flujos piroclásticos del Plio-Cuaternario.
3. Piedemontes generales de origen endógeno volcánico de flujos piroclásticos del Plio-Cuaternario.
4. Superficies cumbresales interfluviales entre barrancos adyacentes de origen endógeno volcánico de flujos piroclásticos del Plio-Cuaternario.
5. Piedemontes locales de origen exógeno acumulativo aluviales del Cuaternario (Holoceno).
6. Planicies aluviales de origen exógeno acumulativo del Cuaternario (Holoceno).
7. Laderas de barranco de origen exógeno denudatorio del Cuaternario (Holoceno) con planicies aluviales acumulativas marginales.

Con amplitud, en la Tabla 2, se describen las unidades ambientales mencionadas, de acuerdo con su origen, tipo del relieve, temporalidad de las rocas y estructuras, datos morfométricos (pendiente en grados, altura relativa, altitud y extensión), asimismo, información sobre su litología dominante, tipo de vegetación y uso del suelo y su localización.

Los rasgos geomorfológicos característicos del área corresponden en su mayoría a estructuras complejas, al pie de las grandes edificaciones volcánicas, tales como los volcanes Zempoala y Tlalli de la sierra de Las Cruces entre en el Distrito Federal y el Estado de México, que tanto en el pasado como en tiempos recientes acumularon importantes espesores de flujos y depósitos piroclásticos, materiales laháricos y depósitos coluviales y proluviales (INEGI, 1979), materiales que, de acuerdo con Mooser *et al.* (1996), pueden ser el origen de este glacís y de otras estructuras que forman las laderas, de lo que ellos denominan la Formación Tarango. Hacia la parte media y sur de la subcuenca el relieve característico que da forma al PMVGB cubre una antigua morfología de rocas plegadas mesozoicas afectadas por fallas normales que conforman fosas estructurales.

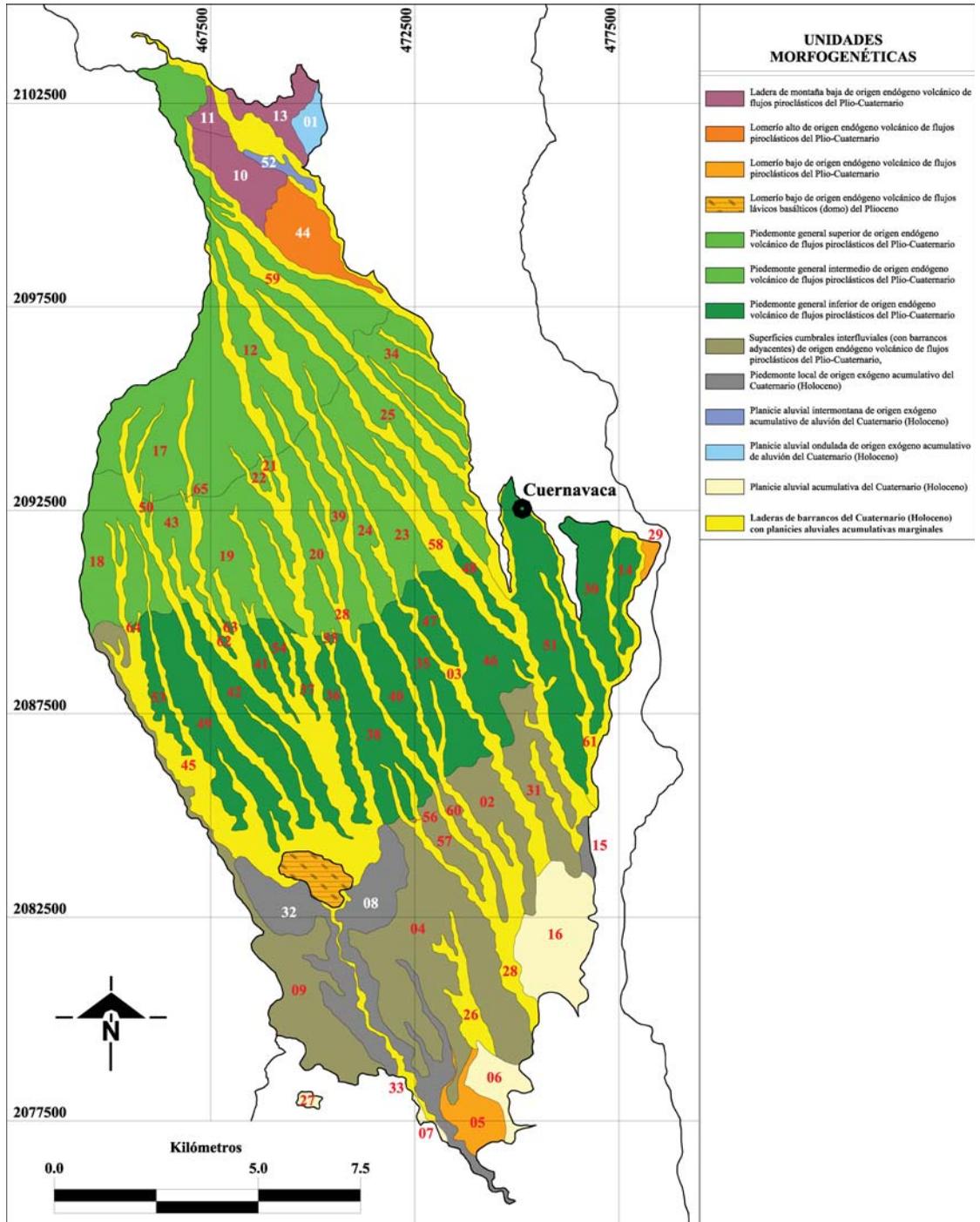


Figura 3. Mapa geomorfológico morfogenético del área del Glacis de Buenavista.

Tabla 2. Características de las unidades ambientales biofísicas del piedemonte volcánico Glacís de Buenavista, subcuenca del río Colotepec, Morelos (primera parte)

UAB	ORIGEN	TIPO DEL RELIEVE	TEMPORALIDAD estructural-forma	MORFOMETRÍA				LITOLÓGIA	SUELO	USO DEL SUELO	LOCALIZACIÓN
				P(°)	h (m)	H (m)	Área (ha)				
1	Exógeno acumulativo	Pl-on	Plio-Cuaternario	2 a 12	80	2424	78.2	Aluvial	H,T,I	F (BC)	2.5 km al suroeste, de Huitzilac, Morelos
2	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	S-ci/ba	Plio-Cuaternario	2 a 5	120	1311	273.9	Piroclastos y pómez	H,V,I	Urb	Pueblo Viejo, Temixco, Morelos
3	Exógeno denudatorio	Pl-al-a/pb	Cuaternario (Holoceno)	2 a 9	220	1444	333.6	Piroclastos y aluvial	H,I	F (SB, BG)	Barranco (Arroyos Litrero y El Cerro) Cuernavaca y Temixco, Morelos
4	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	S-ci/ba	Plio-Cuaternario	2 a 5	100	1252	1231.2	Piroclastos y pómez	H,V,I	Urb	Aeropuerto de Cuernavaca, Morelos
5	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	LO-b	Plio-Cuaternario	2 a 6	80	1135	187.5	Piroclastos y pómez	H,V,I	Urb, Agr	Periferias del Cerro de las Flores, Xochitepec, Morelos
6	Exógeno acumulativo	Pl-al	Cuaternario (Holoceno)	0 a 3	20	1117	159.4	Aluvial	H,V,I	Agr	2 km al norte del Cerro de las Flores, Temixco, Morelos
7	Exógeno acumulativo	Pl-al	Cuaternario (Holoceno)	0 a 2	20	1091	15.5	Aluvial	H,V,I	F (SB, Agr)	Partes bajas del Cerro de Colotepec, Xochitepec, Morelos
8	Exógeno acumulativo	Pm-l	Cuaternario (Holoceno)	0 a 7	140	1082	553.8	Aluvial	H,I	F (SB)	Cercanías de Tetlama, límites de Cuernavaca y Temixco, Morelos
9	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	S-ci/ba	Plio-Cuaternario	2 a 5	120	1323	719.5	Piroclastos y pómez	H,V,I	Urb, Agr	Límites municipales de Temixco y Miacatlán, cerca de Tetlama.
10	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	L-Mb	Plio-Cuaternario	14 a 33	240	2389	257.7	Piroclastos y pómez	T,H,I	F (BC)	5 km al suroeste del poblado de Huitzilac
11	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	L-Mb	Plio-Cuaternario	14 a 26	240	2514	59.7	Piroclastos y pómez	H,T,I	F (BC)	5 km al suroeste del poblado de Huitzilac
12	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-Gs	Plio-Cuaternario	5 a 11	320	2167	1090.9	Piroclastos y pómez	A,H,V	F (BC)	2 km al oeste de Colonia del Bosque, Cuernavaca, Morelos
13	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	L-Mb	Plio-Cuaternario	11 a 28	200	2529	164.9	Piroclastos y pómez	H,T,I	F (BC)	3 km al suroeste del poblado de Huitzilac
14	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 5	100	1435	114.7	Piroclastos y pómez	H,V,I	Urb	Zona urbana (Col. Chapultepec), municipio de Cuernavaca, Morelos
15	Exógeno acumulativo	Pm-l	Cuaternario (Holoceno)	2 a 5	40	1243	37	Aluvial	I,H,T	Urb	Zona urbana de Temixco, Morelos

Caracterización de las unidades ambientales biofísicas del Glacis de Buenavista, Morelos...

16	Exógeno acumulativo	Pl-al	Cuaternario (Holoceno)	0 a 2	40	1219	505.7	Aluvial	H,V,I	Urb, Agr	Zona urbana de Temixco y Acatlipa, Morelos
17	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-Gs	Plio-Cuaternario	5 a 7	220	1931	1044.8	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Poblados de Buenavista del Monte, Cuernavaca, Morelos
18	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	5 a 7	120	1717	501.2	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Municipio de Cuernavaca, Morelos, al oeste de Lomas del Carril
19	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	5 a 7	160	1681	569.2	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Municipio de Cuernavaca, Morelos, oeste de Lomas del Carril
20	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	5 a 7	180	1655	280.9	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Municipio de Cuernavaca, Morelos, oeste de Lomas del Carril
21	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	0 a 8	80	1766	13.8	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Cercanías de Buenavista del Monte, Cuernavaca, Morelos
22	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	5 a 9	80	1785	20	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Cercanías de Buenavista del Monte, Cuernavaca, Morelos
23	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	5 a 7	220	1668	478.7	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Colonia La Lagunilla, Cuernavaca, Morelos
24	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	5 a 8	180	1653	168.9	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	2 km al noroeste de Lomas del Carril, Cuernavaca, Morelos
25	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	5 a 8	240	1674	259	Piroclastos y pómez	A,H,V	Urb	Colonias de Alta Vista y Lomas de Atzingo, Cuernavaca, Morelos
26	Exógeno denudatorio	Pl-al-a/pb	Cuaternario (Holoceno)	0 a 7	80	1201	136.3	Piroclastos y aluvial	H,I	Agr	Periferias de Acatlipa, Temixco, Morelos
27	Exógeno acumulativo	Pl-al	Cuaternario (Holoceno)	0 a 2	20	1191	18.5	Aluvial	A,H,V	Agr	Periferias de la Ruinas de Xochicalco Miacatlán, Morelos
28	Exógeno denudatorio	Pl-al-a/pb	Cuaternario (Holoceno)	0 a 7	300	1492	970.9	Piroclastos y aluvial	H,I	F (SB, BG)	Arroyo Colorada, Cuernavaca y Temixco, Morelos
29	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	LO-b	Plio-Cuaternario	0 a 2	40	1455	26.2	Piroclastos y pómez	H,T,I	Urb	Zona urbana (Col. Satélite), Cuernavaca, Morelos
30	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 5	120	1444	280.6	Piroclastos y pómez	H,V,I	Urb	Zona urbana (Cantarranas y Acapancingo), Cuernavaca, Morelos
31	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	S-ci/ba	Plio-Cuaternario	2 a 5	120	1326	337.8	Piroclastos y pómez	H,V,I	Urb	Alta Palmira, zona urbana, Cuernavaca, Morelos

32	Exógeno acumulativo	Pm-l	Cuaternario (Holoceno)	2 a 14	140	1243	424.6	Aluvial	H,I	F (SB)	Cercanías de Tetlama, límites de Cuernavaca y Temixco, Morelos
33	Exógeno denudatorio	Pl-al-a/pb	Cuaternario (Holoceno)	0 a 5	80	1141	79.4	Piroclastos y aluvial	H,I	F (SB)	Periferias de Tetlama, Temixco, Morelos
34	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	5 a 9	220	1771	374.4	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	1 km al este de Colonia del Bosque. Cuernavaca, Morelos
35	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 5	160	1436	338.8	Piroclastos y pómez	A,H,V	Urb	3 km al norte de Pueblo Viejo, Temixco, Morelos
36	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 5	120	1446	155.4	Piroclastos y pómez	A,H,V	Urb	Periferias de Pueblo Viejo, Temixco, Morelos
37	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	0 a 5	60	1510	47.2	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Municipio de Cuernavaca, Morelos, suroeste de Lomas del Carril
38	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 5	180	1429	363.3	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Periferias de Pueblo Viejo, Temixco, Morelos
39	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	2 a 7	220	1653	205.3	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	2 km al noroeste de Lomas del Carril, Cuernavaca, Morelos
40	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 5	120	1458	221.6	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Periferias de Pueblo Viejo, Temixco, Morelos
41	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 7	80	1533	78.6	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Municipio de Cuernavaca, Morelos, suroeste de Lomas del Carril
42	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 5	160	1478	444.3	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	3.5 km al noreste de Cuentepec, Cuernavaca, Morelos
43	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	5 a 8	140	1717	173.6	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Cercanías de Buenavista del Monte, Cuernavaca, Morelos
44	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	LO-a	Plio-Cuaternario	5 a 20	180	2139	291.3	Piroclastos y pómez	H,C,I	F (BC)	2 km al norte de Colonia del Bosque
45	Exógeno denudatorio	Pl-al-a/pb	Cuaternario (Holoceno)	0 a 14	300	1519	2174.3	Piroclastos y aluvial	H,I	F (SB, BE, BG)	Arroyos Sabino y Sabinos, periferias de Cuentepec, Cuernavaca, Morelos
46	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 5	120	1446	421.5	Piroclastos y pómez	A,H,V	Urb, PI	Lomas del Carril, Cuernavaca, Morelos

Caracterización de las unidades ambientales biofísicas del Glacis de Buenavista, Morelos...

47	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	5 a 8	80	1487	108.6	Piroclastos y pómez	A,H,V	Urb, PI	Norte de Temixco, Morelos periferias de Lomas del Carril
48	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 5	80	1480	60.6	Piroclastos y pómez	A,H,V	Urb	Cercanías de Salto de San Antón, Cuernavaca, Morelos
49	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 7	200	1496	489	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	2.5 km al noreste de Cuentepec, Cuernavaca, Morelos
50	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	5 a 9	40	1765	9.8	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Cercanías de Buenavista del Monte, Cuernavaca, Morelos
51	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 5	180	1424	671.5	Piroclastos y pómez	H,V,I	Urb	Area urbana de Cuernavaca y Norte de Temixco, Morelos
52	Exógeno acumulativo	Pl-al-int	Cuaternario (Holoceno)	5 a 10	120	3072	44.7	Aluvial	H,I	F (BC, Agr)	4 Km al Suroeste del poblado de Huitzilac
53	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	3 a 6	120	1568	107.8	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	3 km al norte de Cuentepec, Cuernavaca, Morelos
54	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	2 a 5	80	1545	63.1	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Municipio de Cuernavaca, Morelos, suroeste de Lomas del Carril
55	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	5 a 7	40	1538	4	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Municipio de Cuernavaca, Morelos, suroeste de Lomas del Carril
56	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	S-ci/ba	Plio-Cuaternario	8 a 9	20	1331	1.3	Piroclastos y pómez	H,V,I	Urb	Periferias de Villa de Las Flores (Arroyo Panocheras), Temixco, Morelos
57	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	S-ci/ba	Plio-Cuaternario	0 a 3	60	1310	128.8	Piroclastos y pómez	H,V,I	Urb	Periferias de Pueblo Viejo y Villa de Las Flores, Temixco, Morelos
58	Exógeno denudatorio	Pl-al-a/pb	Cuaternario (Holoceno)	0 a 14	280	1515	664.9	Piroclastos y aluvial	H,I	F (SB, BE, BG)	Arroyo El Mango, entre Cuernavaca y Temixco, Morelos
59	Exógeno denudatorio	Pl-al-a/pb	Cuaternario (Holoceno)	2 a 18	860	2009	830.8	Piroclastos y aluvial	H,I	F (SB, BE, BG)	Barrancas Chalchihupan y Atzingo, entre Cuernavaca y Temixco, Morelos
60	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	S-ci/ba	Plio-Cuaternario	0 a 2	80	1293	76.7	Piroclastos y pómez	H,V,I	Urb	Villa de las Flores, Temixco, Morelos
61	Exógeno denudatorio	Pl-al-a/pb	Cuaternario (Holoceno)	0 a 5	120	1398	304.8	Piroclastos y aluvial	H,I,V	F (SB, BG)	Barrancas dentro del área urbana, al oriente de Cuernavaca, Morelos

62	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	5 a 7	80	1569	15.2	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Oeste de Lomas del Carril, Municipio de Cuernavaca, Morelos
63	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	0 a 16	60	1589	4.6	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Oeste de Lomas del Carril, Municipio de Cuernavaca, Morelos
64	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-in	Plio-Cuaternario	5 a 7	40	1625	1.9	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Oeste de Lomas del Carril, Municipio de Cuernavaca, Morelos
65	Endógeno volcánico de flujos piroclásticos	Pm-G-Int	Plio-Cuaternario	9 a 14	40	1772	1.2	Piroclastos y pómez	A,H,V	PI	Cercanías de Buenavista del Monte, Cuernavaca, Morelos

Claves de la tabla:

*Tipo de relieve:* LM-b=Ladera de montaña baja; LO-a=Lomerío alto; LO-b=Lomerío bajo; Pl-al-a/pb=Laderas de barranco con planicies aluviales acumulativas marginales; Pl-al=Planicie aluvial; Pl-al-int=Planicie aluvial intermontana; Pl-on=Planicie ondulada; Pm-G-in=Piedemonte general inferior; Pm-G-Int=Piedemonte general intermedio; Pm-Gs=Piedemonte general superior; Pm-l=Piedemonte local; S-ci/ba=Superficies cumbrales interfluviales con barrancos adyacentes. *Morfometría:* P(°)=Pendiente en grados; h(m)=Altura relativa en m; H(m)=Altitud dominante en m. *Suelo:* A=Acrisol, T=Andosol, C=Castañozem, H=Feozem, I=Litosol, V=Vertisol. *Uso del suelo:* F=Forestal, SB=Selva baja, BG=Bosque de galería, Agr=Agricultura, BE=Bosque de encino, BC=Bosque de coníferas, PI=Pastizal inducido, Urb=Área urbana.

morfo genético que sirvió de base para obtener la caracterización ambiental de las UAB.

## RESULTADOS

El piedemonte volcánico Glacís de Buenavista consta de 65 unidades ambientales biofísicas distribuidas en una superficie de 20 272 ha, lo que representa un 29% del área total de la subcuenca del río Colotepec (Figura 2 y Tabla 2). Los afloramientos de este antiguo relieve se localizan principalmente en los extremos sur y suroeste del glacís, dentro de los municipios de Xochicalco, Jojutla y Zacatepec (INEGI, 1979). Los cauces de la parte media del glacís se encuentran integrados y han formado cauces profundos, en su mayoría con paredes casi verticales. De acuerdo con Palacio-Prieto (1982), el área en general se encuentra en una etapa geomorfológica de *madurez* y presenta un *rejuvenecimiento* expresado por la profunda incisión en los cauces.

El PMVGB, conforme con su morfogénesis general más visible, presenta tres importantes secciones derivadas de ligeras variaciones en la pendiente; la primera de norte a sur es el piedemonte general superior, se encuentra entre los 1 900 y los 2 200 msnm, con un intervalo de pendiente entre 5 a 11°; está integrada en dos unidades morfo genéticas que en conjunto tienen un área de 2 136 ha, hacia la sección más norteña de esta área se distribuyen tres laderas de montaña que ocupan un área de 482 ha. La segunda es el piedemonte general intermedio, se distribuye entre los 1 650 y los 1 900 msnm y tiene un intervalo de pendiente de entre 5 y 9°; está formada por 13 unidades morfo genéticas que ocupan un área de 3 056 ha. La tercera es el piedemonte general inferior, se encuentra entre los 1 350 y los 1 650 msnm; esta última sección tiene un intervalo de pendiente dominante de entre 2 y 5°, está constituida de 20 unidades morfo genéticas con una extensión de 3 992 ha. Esta

última área se complementa con otra sección compuesta de superficies cumbrales interfluviales entre barrancos adyacentes, distribuida entre los 1 250 y los 1 350 msnm. Corresponde con la parte baja del glacis, particularmente donde confluyen los barrancos que lo disecan; el área está integrada por siete unidades morfogénicas que ocupan un área de 2 769 ha. La pendiente predominante es de 0 a 5°. Las secciones descritas suman un total de 11 953 ha, 70% del área del glacis.

Al interior de los barrancos, y entre sus laderas, se encuentra una serie de planicies marginales aluviales acumulativas de fondo, las cuales corresponden con diez unidades, con un intervalo de pendiente dominante de 0 a 10°, entre los 1 100 a los 2 000 msnm que se distribuyen en un área de 5 495 ha. Es en estas áreas en donde se encuentra la mayor diversidad de especies del bosque de encino, bosque de galería y selva baja (Martínez-García, 2002). Las restantes unidades morfogénicas se distribuyen en diferentes lugares del glacis y corresponden con cuatro planicies aluviales con un área de 699 ha, una planicie ondulada (78 ha) y una planicie aluvial intermontana (45 ha). Las planicies aluviales han perdido su potencialidad para uso agrícola al ser ocupadas por el área urbana; asimismo, los lomeríos y las laderas han quedado como islas rodeadas de construcciones urbanas. El área restante es ocupada por lomeríos (505 ha) y piedemontes locales (1 015 ha).

El área en estudio, en términos de uso del suelo, presenta contrastes muy marcados, de acuerdo con los datos de la Tabla 1, el uso forestal es sólo de 9.6% y corresponde con el bosque de coníferas (oyamel y pino), el 31.2% es de selva baja intercalada con bosque de encino y bosque de galería. El 0.3% corresponde a bosque de coníferas (pino) y selva baja en la que se intercala la agricultura. El 28% está ocupado por el pastizal inducido y el 1.6% son tierras donde se practica la agricultura en forma franca. El 29.3% restante corresponde a áreas urbanas que presentan pequeños espacios donde

también se practica la agricultura o existe pastizal inducido.

### Condición e importancia ambiental del área

Las paredes de los amplios y profundos barrancos característicos del piedemonte volcánico del Glacis de Buenavista son el resguardo de una abundante cantidad de escenarios naturales, donde es peculiar la presencia de especies de bosque de encino, bosque de galería y la selva baja caducifolia (Martínez-García, 2002). Los efectos ambientales negativos que han sufrido los barrancos que están en contacto con las áreas urbanas, son irremediables; ejemplo de ello son el barranco El Tecolote y el de Atzingo, al poniente de la ciudad de Cuernavaca, específicamente en las cercanías del Salto de San Antón, los cuales se han convertido en tiraderos de basura, además de que reciben las aguas residuales urbanas.

Los recursos vegetales en el área muestran evidencias de un uso intensivo y no planeado. Por ejemplo, los encinares son empleados en el ámbito local con fines de subsistencia, pero de uso limitado en el ámbito industrial. Los bosques de encino que se localizan en las *Planicies aluviales acumulativas dentro de barrancos*, por lo regular están formados por árboles de talla corta con fustes delgados, de 10 cm de diámetro en promedio. Sin embargo, se encontraron en el barranco El Tecolote, grupos de encinos (*Quercus magnoliifolia*) de tallas superiores a los 15 m y fustes con diámetros entre 30 a 110 cm. Este es uno de los pocos sitios en donde el bosque de encino tiene un grado alto de conservación, lo cual parece estar relacionado con la inaccesibilidad al sitio (*Ibid.*).

La explotación de los encinares se encauza a la obtención de carbón vegetal, uso que sigue teniendo demanda a pesar del empleo difundido de otros combustibles como el petróleo y gas doméstico. Esta forma de aprovechamiento es frecuente en un lugar cercano al poblado de El Cebadal, lugar próximo a Buenavista del Monte (Figura 2). Por lo regular,

el producto obtenido es con fines de autoconsumo, pero también se encausa a la venta comercial; los excedentes por lo regular se venden en sitios de abasto locales o mercados del municipio de Cuernavaca. Esta forma de explotación explica el estado que guarda el bosque de encino de los barrancos El Mango y El Túnel, ya que la sobreexplotación tiene relación con los diámetros que ostentan los fustes observados en las inmediaciones (*Ibid.*).

En cuanto a la selva baja que se distribuye en las unidades del tipo de *Laderas de barranco de origen exógeno denudatorio del Cuaternario (Holoceno) con planicies aluviales acumulativas marginales*, de acuerdo con lo evaluado en trabajos previos (*Ibid.*), las especies de este tipo de vegetación son de escasa importancia forestal, pues el tamaño y la forma de sus árboles no presentan características deseables para el comercio. Sin embargo, localmente, a falta de mejores materiales de construcción, la madera de muchas especies se usa para este fin, así como para la fabricación de artesanías, muebles, postes en cercas vivas y muertas, combustible, fuente de alimento y como recurso medicinal. Rzedowski (1988) ha señalado que la selva baja caducifolia al ser destruida da lugar, frecuentemente, a comunidades secundarias en las que predomina la especie *Guazuma ulmifolia*. Martínez-García (*op. cit.*) indica que si a esta especie se le designa como indicadora de disturbio y se le asocia el hecho de que tiene una importante distribución en varios sitios dentro del piedemonte volcánico del Glacís de Buenavista, se puede afirmar que la selva baja original materialmente ha sido erradicada del área en estudio, por el avance de la frontera agrícola y urbana, la ganadería extensiva y los incendios, en la mayoría de los casos intencionales y en menor cuantía por causas naturales (SEMARNAP, 1998).

La transformación severa del entorno sobre las UAB pertenecientes a las *Superficies cumbrales interfluviales (con barrancos adyacentes)*, ha permitido el establecimiento de vegetación secundaria representada por especies de mar-

cada dominancia como *Acacia farneciana*, que cohabita con especies de los géneros *Ipomoea* y *Opuntia*. Este tipo de asociación es común a una altitud por abajo de los 1 500 m. A una elevación de 1 800 y 1 950 m, al oeste de la localidad de Buenavista del Monte se observaron parcelas agrícolas con suelos profundos. Sin embargo, una importante sección del glacís, entre los 1 900 y los 1 600 m (con inclinaciones de 2 a 12°), presenta procesos erosivos avanzados donde la presencia de vegetación es casi nula y sólo logran sobrevivir unas cuantas especies vegetales adaptadas a estas condiciones como los géneros *Cupressus* y *Opuntia*, no así hacia el interior de los barrancos, donde las condiciones de humedad favorecen la presencia de diversas especies. Por abajo de los 1 600 también en áreas con UAB del tipo de *Superficies cumbrales interfluviales (con barrancos adyacentes)*, se practica la agricultura de temporal, dedicada a la producción principalmente de sorgo; la siembra de maíz es insignificante y es encauzada al consumo local, y la práctica de la ganadería tiene carácter extensivo.

El área urbana tiene una importante expresión dentro de las UAB del *Piedemonte general y Superficies cumbrales interfluviales (con barrancos adyacentes)* con una cobertura aproximada del 20% (Tabla 1), se distribuye parcialmente entre los municipios de Cuernavaca, Temixco y Xochitepec, resaltando la ciudad de Cuernavaca. La población está asentada en la parte media este del glacís. De acuerdo con lo observado, el área urbana no se ha incrementado particularmente, debido a la presencia de amplios barrancos como El Tecolote, aunque estas barreras naturales paulatinamente han sido sorteadas mediante la construcción de puentes, como el recientemente creado puente *Ayuntamiento*, en el centro de dicha área.

El crecimiento del área urbana del municipio de Temixco en las UAB pertenecientes a las *Superficies cumbrales interfluviales (con barrancos adyacentes)*, está ampliándose claramente de sur a norte y gradualmente va cubriendo de igual forma al glacís desde su parte baja.

Este crecimiento, de no controlarse, será la causa de la aceleración de la degradación de los recursos naturales (agua, flora, fauna y escenarios naturales) que ahora persisten en los barrancos del glacis. En Aguilar (1998) y Martínez-García (2002), se abordan las razones históricas demográficas que explican la situación actual que se presenta en el municipio de Cuernavaca y su área conurbada, así como sus tendencias de crecimiento.

Desde la perspectiva del aprovechamiento del recurso agua, es en el piedemonte del abanico volcánico del Glacis de Buenavista en donde aflora la mayor cantidad de manantiales provenientes del flujo subterráneo, originados en las áreas de laderas de montaña, al norte del área en estudio. Los aprovechamientos más significativos en el valle de Cuernavaca se encuentran concentrados en la capital de la entidad. Por ejemplo, el Tepeite o Agua de San Pedro; los manantiales de Santa María Ahuacatlán, de Atzingo, de Chapultepec y El Túnel, entre los más importantes. Los niveles freáticos al aproximarse a la superficie, permiten la existencia de los balnearios ex Hacienda de Temixco, Palo Bolero, Apotla, Iguazú, Real de San Nicolás y Los Naranjos, todos al sur de la subcuenca. Sin embargo, los cauces que se localizan en las áreas urbanas también se han convertido, a lo largo de ese trayecto, en tiraderos de basura y receptáculo de las aguas residuales provenientes de áreas residenciales y asentamientos irregulares, estos últimos ubicados, en ocasiones, en las paredes de los barrancos y en sus planicies aluviales y depósitos coluviales interiores (Aguilar 1998, Martínez-García 2002).

## CONCLUSIONES

De acuerdo con el método utilizado, la aplicación del enfoque geomorfológico y los criterios de la geomorfología analítica y sintética aplicados para la caracterización de las unidades ambientales biofísicas del piedemonte volcánico Glacis de Buenavista,

demuestran ser una perspectiva científica útil. Las estadísticas obtenidas durante la etapa de caracterización de los componentes son de amplio uso, ya que permiten disponer de información biofísica cualitativa y cuantitativa del relieve y las causas que le dieron origen.

El enfoque geomorfológico contribuye de igual forma a contar con fundamentos sólidos en la etapa de evaluación ambiental, ya que proporciona información valiosa del área en estudio sobre el orden y disposición del relieve, espacial y temporalmente. La síntesis generada resume las condiciones individuales en cada unidad, muestra en forma sencilla indicios de su vocación natural, cambios ambientales y uso potencial a partir de visualizar sus atributos de una forma integrada, cuya representación quedó plasmada en el mapa geomorfológico y en los datos de la tabla asociada.

Los elementos de un espacio geográfico no deben ser vistos como entes aislados sino como un sistema ecológico o conjunto de elementos, componentes o unidades, relacionadas entre sí (Maass y Martínez, 1990). Los resultados de la aplicación del enfoque geomorfológico analítico y sintético permitieron entender, con un sentido integral sistémico, la disposición de los elementos que componen y caracterizan el escenario geográfico, su interacción, e inclusive las causas que determinan su condición ambiental actual, información determinante en la etapa de diagnóstico y planeación en el contexto de la ordenación del territorio.

## RECONOCIMIENTOS

Al Ing. Ernesto R. Zurutuza Vera, Jefe del Centro de Anteproyectos del Pacífico Sur de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), por el apoyo y facilidades otorgadas. A Félix Martínez García y Andrés Suasto A., por su cooperación durante el trabajo de campo. A los dictaminadores anónimos por sus valiosos comentarios.

## REFERENCIAS

- Aguilar, B. S. (1998), *Ecología del estado de Morelos: un enfoque geográfico*, Praxis.
- Arellano-Reyes, A. (2001), *Delimitación de unidades ambientales por medio de una regionalización geomorfológica del Mesobloque El Encantado, Oaxaca*, tesis, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- CETENAL (1978), *Carta Topográfica Jojutla de Juárez E14A69*, escala 1:50 000, México.
- CETENAL (1979), *Carta Geológica Jojutla de Juárez E14A69*, escala 1:50 000, México.
- CETENAL (1981), *Carta de vegetación y uso del suelo Jojutla de Juárez E14A69*, escala 1:50 000, México.
- CETENAL (1982a), *Carta de vegetación y uso del suelo Cuernavaca E14A59*, escala 1:50 000, México.
- CETENAL (1982b), *Carta topográfica Cuernavaca E14A59*, escala 1:50 000, México.
- CETENAL (1982c), *Carta geológica Cuernavaca E14A59*, escala 1:50 000, México.
- CODEITE (1970), *Términos de referencia para el estudio de factibilidad sobre una primera etapa del programa de desarrollo integral de la cuenca del río Tempisque, San José Costa Rica*, Coordinadora para el desarrollo Integral de la Cuenca del río Tempisque.
- Díaz-Pérez, S. (2001), *Cartografía morfogenética de la Cuenca de Toluca a escala 1:100 000*, tesis de licenciatura, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Flores, C. A. y D. Martínez A. (1990), "Flora arbórea de la ciudad de Cuernavaca, Morelos, México", *Revista Universidad: Ciencia y Tecnología*, septiembre 1990, núm. 1, vol. 1, UAEM, México, pp. 11-26.
- Flores, H. R. (1991), "Recomendaciones y propuestas de acciones para el manejo de cuencas", *Seminario de conservación del agua y suelo. Memorias: manejo integral de cuencas*, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, pp. 207-209.
- Hooke, J. M. (1988). *Geomorphology in environmental planning*, John Wiley & Sons.
- IMTA (1996), *Banco nacional de datos de aguas superficiales. Datos hidrométricos y vasos de almacenamiento de 1902 a 1995*, BANDAS, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, 6 discos compactos.
- INEGI (1979), *Carta geológica Cuernavaca clave E14-5*, escala 1:250 000, México.
- INEGI (1992), *Fotografías aéreas pancromáticas Zona E14-5*, vuelo SINFA, línea de vuelo 163, fotos 01 a 07, escala 1:75 000, marzo, México.
- INEGI (1995a), *Espaciograma Cuernavaca*, clave E14-5, escala 1:250 000, México.
- INEGI (1995b), *Fotografías aéreas pancromáticas Zona E14-5*, vuelo SINFA, línea de vuelo 164, fotos 01 a 07 escala 1:75 000, 11 de noviembre, México.
- ITC (1997), *The Integrated Land and Water Information System ILWIS Version 2.1 for Windows, User's Guide*, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences, ITC, The Netherlands.
- López-Blanco, J. (1988), "La cuenca hidrográfica como unidad espacial en el manejo integral de los recursos naturales", *Geografía y Desarrollo*, núm. 2, México, pp. 27-36.
- López-Blanco, J. (1994), *Evaluaciones geomorfológicas y de recursos naturales aplicando un sistema de información geográfica (ILWIS)*, tesis de Doctorado en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, pp. 125-151.
- López-Blanco, J. (1998), "Sistemas de información geográfica (SIG): conceptos, definiciones y contexto metodológico que involucra su uso", *Rev. Quivera*, año 1, núm. 0, pp. 27-38.
- Maass, J. M. y A. Martínez Y. (1990), "Los ecosistemas: definición, origen e importancia del concepto", *Rev. Ciencias*, núm. especial 04, UNAM, México, pp. 10-14.
- Martínez-García, F. (2002), *Síntesis de las unidades ambientales biofísicas de la subcuenca del río Colotepec, Edo. de Morelos, mediante el enfoque geomorfológico*

- y un SIG, tesis de maestría en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Mooser, F., A. Montiel y A. Zuñiga (1996), *Nuevo mapa geológico de las cuencas de México, Toluca y Puebla: estratigrafía, tectónica regional y aspectos geotérmicos*, CFE, México.
- Ortiz P., M. (1977), "Estudio geomorfológico del Glacis de Buenavista, estado de Morelos", *Boletín*, núm. 8, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 25-40.
- Palacio-Prieto, J. L. (1982), *Análisis geomorfológico de la región de Cuernavaca-Tenancingo-Ixtapan de la Sal, estados de Morelos y México*, tesis de maestría, Facultad de Filosofía y Letras, División de Estudios de Posgrado, UNAM, México.
- Rodríguez-Hernández, R. (1999), *Cartografía morfogenética jerárquica a tres escalas del área del microbloque "El Colorado", Chamela, Jalisco*, tesis de licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Rzedowski, R. (1988), *Vegetación de México*, Limusa, México.
- SEDUE (1988), *Metodología para Ordenamiento Ecológico del Territorio*, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, Subsecretaría de Ecología, Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica, México.
- SEMARNAP (1998), *Programa de protección contra incendios forestales*, Delegación Federal en el estado de Morelos, Reporte interno.
- SPP (1981), *Síntesis Geográfica de Morelos*, Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática, Prensa Madero, México.
- SPP (1983), *Carta Edafológica Cuernavaca clave E14A59, escala 1:50 000*, México.
- SRH (1972), "Estudio ecológico de la vegetación de la zona de Chapatongo, cuenca del Río Alfajayucan, en el Estado de México", *Memorias del estudio*, Dirección de Manejo de Cuencas, México.
- SRH (1973a), *Cuenca baja del Río Cutzamala, estados de México, Michoacán y Guerrero*, Dirección de Manejo de Cuencas, Programa de Inversiones para el Desarrollo Rural, México.
- SRH (1973b), *Cuenca del Río Alfajayucan. Informe climático preliminar*, Dirección de Manejo de Cuencas, México.
- SRH (1973c), *Estudios de ordenación de cuencas para la protección de obras hidráulicas en la cuenca del río Cutzamala, estados de México, Michoacán y Guerrero*, Departamento de Botánica, Instituto de Biología, UNAM, México.
- SRH (1973d), *Programas de inversión en el rubro social, agrícola, ganadero y pecuario con un enfoque de desarrollo integral de la cuenca, así como de vocación y conservación de suelos y manejo del agua*, Dirección de Manejo de Cuencas, México.
- Tapia-Varela, G. (1999), *Geomorfología morfogenética de la Cuenca Tributaria Oriental del ex lago de Texcoco*, tesis de licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.
- Tapia-Varela, G. y J. López-Blanco (2002), "Mapeo geomorfológico analítico de la porción central de la Cuenca de México: unidades Morfogenéticas a escala 1:100 000", *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, vol. 19, núm. 1, Sociedad Geológica Mexicana e Instituto de Geología-UNAM, México, pp. 50-65.
- Urroz-Jiménez, E. (1976), *Hacia el manejo integral de una cuenca hidrológica con énfasis en la protección ambiental*, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Santiago de Chile.
- Verstappen, H. T. y R. Van Zuidam (1991), *El Sistema ITC para levantamientos geomorfológicos*, Publicaciones ITC, núm. 10, pp. 28-41.
- Verstappen, H. T. (1983), *Applied geomorphology (geomorphological survey for environmental development)*, Elsevier, Amsterdam.