

# **Experiencias obtenidas en los estudios del relieve para la Gestión Ambiental.**

Jorge A. Luis Machín  
Instituto de Geografía Tropical

## **INTRODUCCIÓN**

La problemática del medio ambiente y el logro de una adecuada gestión ambiental, constituyen un tema de constante vigencia en el ámbito internacional. El uso incorrecto de los recursos naturales, sumado a los efectos de la dinámica interactiva de los procesos físicogeográficos y socioeconómicos, conducen a modificaciones y transformaciones de la estructura de los diferentes elementos del medio ambiente, que caracterizan a un determinado espacio geográfico.

Tal como lo ha formulado el Programa Internacional de la Biosfera y la Geosfera (IGBP, 1997 c) “la población humana y sus actividades industriales continúan incrementándose rápidamente y han alcanzado niveles, que ponen al medio ambiente bajo estrés en muchas áreas del mundo. En adición a ello, las fluctuaciones de los sistemas físicos y biológicos de la Tierra, a menudo ocurren en espectros de tiempo ilegibles para el hombre. Tales fluctuaciones causan estrés adicional al medio ambiente y pueden propiciar cambios, en términos de disminución de agua limpia, tierras vírgenes y vegetación natural, minerales, reservas de peces y aire puro. Las sociedades humanas están aplicando un gran número de políticas y decisiones de manejo, que tienden a neutralizar los efectos de las fluctuaciones naturales y a limitar las modificaciones de los impactos humanos. Tales decisiones son, a menudo, inefectivas como resultado de las limitaciones económicas, políticas y sociales, y un inadecuado conocimiento de las interacciones entre las actividades humanas y las respuestas naturales.”

De manera que las actividades antrópicas continúan poniendo en peligro al medio ambiente, propiciando modificaciones, en ocasiones irreversibles, al agua, al relieve, a los suelos, a los paisajes, a la cobertura vegetal, a la fauna y a determinadas variables climáticas; pese a los esfuerzos proteccionistas, que en ocasiones no reportan los resultados esperados, debido a la significativa complejidad de los análisis y de las acciones a realizar.

En tal sentido, las investigaciones sobre los cambios actuales y perspectivas de la cobertura terrestre, deben estar sustentados por adecuados estudios geográficos del medio ambiente.

La validez del enfoque conceptual, debe encontrar respuesta a escala internacional con la consecuente organización de toda la información medioambiental, con vistas a la realización de una gestión ambiental, entendida como el “conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales...” (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, 1997, Ley No. 81); que esté acorde con las esferas específicas de desarrollo de las naciones interesadas en el logro de un desarrollo sostenible.

Y como quiera que las fuerzas, procesos y fenómenos de la naturaleza conjuntamente con las actividades humanas se traducen en consecuencias medioambientales; cualquier cambio en las complejas interrelaciones que definen al medio ambiente, repercute ineludiblemente sobre la sociedad y a la vez sobre la propia naturaleza.

En muchas ocasiones, los especialistas valoran estos cambios en términos cualitativos, pero el perfeccionamiento de las políticas de gestión ambiental demanda información cuantitativa sobre las magnitudes del proceso que provoca el estrés ambiental.

Para el caso específico del estudio del relieve, eje del presente trabajo, resulta primordial contar con información básica acerca de las implicaciones que las diferentes actividades antrópicas pueden tener sobre el relieve, el condicionamiento natural que este brinda a favor o en contra de un determinado tipo de uso y las posibles respuestas a esperar, ante cada acción que se ejerza o se pretende ejercer.

Con frecuencia se subvalora el hecho de que el relieve constituye el sustrato de toda actividad terrestre y de que el mismo puede ser modificado de forma acelerada y en una notable dimensión (Kirchner, K. Y J.L. Díaz, 1986) constituyendo de hecho un elemento bastante transformado ya.

En la actualidad, los daños naturales y económicos ocurridos como resultado de procesos geomórficos exógenos, se reconocen entre los más graves y más extendidos. Un ejemplo de ello lo constituye la erosión (de manera especial en la zona intertropical), condicionada en gran medida por el relieve y que a su vez constituye uno de los principales procesos del modelado morfoescultural.

En el presente trabajo, se exponen estudios del relieve avalados por la práctica, que han contribuido a una mejor gestión ambiental, precisando las acciones que corresponden en cada caso, para la recuperación y protección del relieve.

Con el uso de métodos geomorfológicos y del análisis sistémico del medio ambiente, se establecen criterios que contribuyen a un correcto ordenamiento de la actividad antrópica, vinculada de manera directa o indirecta con la aptitud y la protección del relieve; así como de los demás elementos del medio ambiente en interrelación con él.

La Geomorfología constituye una ciencia bien definida, que se encarga de estudiar al conjunto de deformaciones y procesos que conforman la superficie terrestre y tiene por objetivo fundamental el conocimiento y clasificación del relieve, el estudio de su origen, morfología, morfometría, estructura, dinámica y evolución, el estudio de los procesos exógenos y endógenos que modifican a la superficie (incluyendo al relieve submarino), así como la predicción, científicamente argumentada, de las tendencias en el desarrollo de tales procesos, para prevenir o modificar las incidencias negativas sobre la sociedad.

De ahí que, con el desarrollo vertiginoso de los estudios ambientales a escala planetaria, se abrió el camino a una Geomorfología Aplicada, que posteriormente fue derivando hacia aplicaciones de corte ambiental, hasta constituir lo que hoy es la Geomorfología Ambiental.

Esta última se asume como la “rama de la geomorfología que, mediante métodos propios, apunta a la investigación de las complejas interrelaciones entre el relieve y el medio ambiente, como enfoque teórico - metodológico en función de la conservación y la protección de los recursos naturales.” (Díaz, J .L.; J. R. Hernández y R. Reyes, 2001), la cual se ha aplicado con éxito en la solución de problemas relacionados con los procesos geomórficos que afectan al hombre, por parte de numerosas instituciones y grupos de trabajo en Cuba, enriqueciendo y perfeccionando los empeños por lograr un correcto accionar en las cuestiones relacionadas con la protección del medio ambiente.

La presente ponencia tiene como objetivo valorar las implicaciones del relieve en el medio ambiente y mostrar vías para su adecuada consideración en la gestión ambiental, a partir de las experiencias obtenidas en la aplicación de los estudios del relieve, para diferentes escenarios y para diferentes objetivos de uso y manejo.

Un estudio insuficiente del relieve y la aplicación incompleta de los conocimientos científicos en función de la protección y el manejo sostenible de los recursos, pueden repercutir en la aceleración o aparición de procesos geomórficos exógenos de negativas consecuencias para el medio ambiente, que incluso han llegado a desencadenar grandes desastres, con riesgos para la vida de la población y grandes pérdidas económicas.

Pero no solo se trata de los grandes desastres de carácter discreto en el tiempo y de una ubicación espacial muy específica para cada caso, sino más que todo, de aquellos fenómenos que poseen un peso significativo en cuanto a la dinámica y evolución del relieve y que degradan a corto, mediano y a largos plazos, las posibilidades de utilización de los recursos naturales y de sus valores intrínsecos.

De ahí, la importancia práctica de conocer a cabalidad las interrelaciones del relieve dentro de la complicada madeja del medio ambiente, tanto en las nuevas inversiones y proyectos, como en cualquier otra obra en explotación o no, realizada por el hombre, que implique modificaciones dentro del territorio.

En el ámbito económico – productivo, se estará protegiendo cualquier inversión que con tanto esfuerzo realiza nuestro país y, desde el punto de vista proteccionista, se contribuye a la preservación de valiosas formas del relieve y de gran cantidad de interacciones y procesos relacionados de manera directa o indirecta con él.

En la esfera social, representa una garantía para disímiles facetas de la vida de la población, desde el necesario desarrollo económico de los territorios, hasta la protección de sus viviendas, de sus fuentes de ingreso y en ocasiones de la propia vida.

El valor de los estudios del relieve, desde el punto de vista proteccionista, económico y social, ha propiciado una creciente y gradual incorporación de sus aplicaciones a la práctica socioeconómica en el ámbito nacional e internacional, acorde con las dinámicas transformaciones que se han llevado a cabo en materia de ordenamiento territorial y de protección del medio ambiente, lo que debe continuar ampliándose y perfeccionándose en el futuro.

La experiencia de más de 15 años de trabajo dentro del Instituto de Geografía Tropical, permitió volcar el conocimiento adquirido en la solución de problemas geomorfológicos y ambientales concretos, pudiéndose llegar a criterios metodológicos que enlazan los tradicionalmente utilizados por la Geomorfología y la Geografía, con las nuevas concepciones y herramientas desarrolladas por el vertiginoso avance tecnológico que ha tenido lugar en los últimos años.

El presente trabajo defiende los principios teóricos de la Geomorfología en función del desarrollo socioeconómico; muestra las posibilidades de la investigación y evaluación del relieve que deben utilizarse para un manejo ambientalista; presenta ejemplos de aplicación práctica para varios casos de estudio; y propone aspectos primordiales a considerar en el manejo ambiental de la actividad agrícola, turística, minera y en el manejo hídrico, extrapolables a territorios y a objetivos similares.

La mayor importancia científica de esta investigación radica en los análisis aplicados, de fenómenos y procesos geomorfológicos dentro de las complejas relaciones entre la naturaleza y la sociedad, mediante un enfoque sistémico; algo que está siendo incorporado cada vez más, y con mayor eficacia, a la gestión ambiental a escala local, nacional e internacional.

De ahí, que la importancia práctica de la presente investigación se materialice en los resultados, ya introducidos en diferentes territorios del país, y para diversas actividades científicas, avalados por documentos que acreditan su aplicación científico – técnica, con el consiguiente aporte de soluciones a la problemática ambiental y al más efectivo ordenamiento territorial.

Para ello, se analizaron actividades socioeconómicas como el desarrollo agrícola en el municipio Los Palacios en la provincia de Pinar del Río; la actividad prospectiva y extractiva de la minería “a cielo abierto” en Moa, provincia Holguín y el proyecto de drenaje del embalse Leonero en la llanura del Cauto, provincia Granma; para los que se determinó el condicionamiento geomorfológico de tipo natural y su manejo ambiental más adecuado; sin perder de vista la conjugación de los demás elementos físico – geográficos y socioeconómicos a considerar.

La presente investigación permite, por tanto, constatar la aplicación de estudios del relieve en disímiles escenarios geomorfológicos del territorio nacional, donde la problemática ambiental necesitaba contar con los aportes del conocimiento de este elemento natural, para garantizar un adecuado uso y manejo de los recursos naturales.

#### **Fundamentos teórico - metodológicos de la investigación:**

Se analizan en primer lugar los desafíos que imponen los complejos estudios del medio ambiente, a las ciencias geográficas, a la vez que se asumen definiciones y conceptos de carácter oficial para Cuba, fundamentalmente con referencia a la Ley 81 del Medio Ambiente, en vigencia desde 1997.

El estudio de los procesos de interacción naturaleza - sociedad y de los problemas que éstos crean, posee una componente espacial ineludible, por lo que la Geografía, al tener por objeto de estudio a la envoltura geográfica, “la formación geográfica más grande y complicada del planeta Tierra” (Mateo, J., 1992), facilita una gran cantidad

de información científicamente elaborada, para conocer las interrelaciones e interacciones entre los diferentes elementos físico - geográficos y socioeconómicos. Esto ha propiciado el desarrollo de varias ramas de la Geografía, como la propia Geomorfología, hacia su aplicación práctica en la Gestión Ambiental.

La Geomorfología Aplicada es mencionada por primera vez, en la literatura internacional, por Kamensky en 1934; pero es a partir de la década de 1950 que adquiere mayor connotación, sobre todo en Europa, con un renovado impulso en el uso de esta disciplina para el análisis y solución de muy diversas aplicaciones.

En 1972, Donald Robert Coates, acuña el término de Geomorfología Ambiental, refiriéndose a ella como la ciencia que combina y clasifica las relaciones entre las actividades del hombre y los cambios, deformaciones y procesos que estas producen o desencadenan en la superficie terrestre.

En los años 90, varios investigadores europeos como M. Panizza y A. Fabbri, la utilizaron con éxito para la Evaluación de Impacto Ambiental, adaptándola a los requerimientos de este instrumento de la Gestión Ambiental y conceptualizándola como una disciplina estrechamente vinculada a las mencionada evaluaciones, pero además, con un importante papel en el desarrollo de los procesos que se verifican sobre la superficie terrestre.

En Cuba, numerosos estudios de Geomorfología Aplicada, llevados a cabo por la Facultad de Geografía de la Universidad de La Habana, por el Instituto de Geografía Tropical, el Instituto de Oceanología, el Instituto de Ecología y Sistemática, el Instituto Nacional de Planificación Física y los ministerios de la Agricultura, de la Industria Básica, del Transporte y de las Fuerzas Armadas, entre otras instituciones y entidades del gobierno; sentaron las bases de los actuales estudios del relieve en su dimensión ambiental y por tanto fueron los precursores de nuestra propia Geomorfología Ambiental, a la que consideramos en pleno desarrollo y a la que entendemos como la rama de la geomorfología que, mediante métodos propios, apunta a la investigación de las complejas interrelaciones entre el relieve y el medio ambiente, como enfoque teórico - metodológico en función de la conservación y la protección de los recursos naturales (Díaz, J .L.; J. R. Hernández y R. Reyes, 2001). Finalmente se hace un análisis de los principales métodos geomorfológicos que se utilizaron para los diferentes estudios del relieve, así como los procedimientos cartográficos y las herramientas aplicadas al estudio del relieve.

Entre los métodos geomorfológicos a los que hemos acudido indistintamente en los diferentes estudios de caso que se presentan, podemos mencionar:

- El método Orográfico. Que estudia la relación entre las formas del relieve y las grandes estructuras de la corteza terrestre.
- El método de estudio de la red fluvial. Para conocer las principales direcciones y configuración de la red hidrográfica, así como las diferencias de los fenómenos fluviales.

En el caso de estudio del municipio Los Palacios, de la provincia de Pinar del Río, se realizó un levantamiento de las cuencas de tercer orden, lo que posibilitó un análisis exhaustivo de todo el territorio, con la posterior clasificación de cada unidad ambiental así delimitada, según el equilibrio ambiental que la definía, con respecto a su uso y función y a su aptitud natural.

Así, la disección horizontal y vertical, quedaron referidas a una unidad de análisis de tipo vectorial, más cercana a la realidad, y no de tipo raster, como sucede cuando se siguen los métodos tradicionales al hacerlo por cuadrículas.

Importante fue también el estudio de la red fluvial para el análisis del relieve, en la altiplanicie del Toldo, donde se describieron y procesaron las observaciones del comportamiento de la red hidrográfica, lo cual resultó determinante para la comprensión de la dinámica ambiental y del origen y evolución de la mayor parte de las formas del relieve, clasificadas en el territorio.

El análisis de la red fluvial, realizado en la cuenca inferior del río Cauto, permitió determinar un comportamiento hidrológico predecible, de acometerse el pretendido proyecto de drenaje del embalse Leonero.

Método de estudio de las superficies de planación. Para conocer el carácter y la intensidad de los movimientos tectónicos a que está sometida la génesis y evolución de un territorio. Estableciendo correlaciones entre las superficies, es posible determinar edades y en algunos casos, detectar la influencia de movimientos neotectónicos en la deformación de tales superficies.

Método morfométrico. Permite el estudio del relieve a partir del análisis de la información que brindan las hojas topográficas y consistió en la representación cuantitativa de la desintegración del relieve en la componente vertical y en la horizontal. Mediante este método se inició la aplicación de los procedimientos geomorfológicos en los casos de estudio y fue uno de los que más aportó, desde el punto de vista de la diferenciación, así como para definir la aptitud funcional del relieve.

Para abordar adecuadamente las complejas interrelaciones en las que participa el relieve como uno de los elementos claves del estado del medio ambiente, es necesario tener en cuenta al menos las etapas de análisis que se relacionan a continuación:

- El análisis morfométrico del relieve.
- La clasificación de tipos genéticos del relieve.
- La valoración del condicionamiento natural del relieve para la ocurrencia de los diferentes procesos geomorfológicos.
- El estudio de los gradientes dinámicos de los procesos exógenos y sus relaciones con el uso y función del territorio.
- La evaluación del relieve para determinado tipo de uso y manejo.
- Las propuestas para la evitación, mitigación y reducción de los procesos geomorfológicos negativos.

### **Las interrelaciones sistémicas relieve – medio ambiente:**

En este capítulo se realiza una valoración de las implicaciones ambientales de las características y procesos geomorfológicos, la evaluación geomorfológica para el manejo sostenible de un territorio, el grado de manifestación e intensidad de los procesos exógenos; así como la evaluación de las principales características geomorfológicas que pueden limitar o favorecer el aprovechamiento de un territorio.

Posteriormente se relacionan los principales indicadores geomorfológicos para el análisis ambiental, así como el procedimiento metodológico general para el estudio del relieve.

Principales indicadores geomorfológicos para el análisis ambiental:

Los indicadores constituyen un sistema de parámetros capaces de mostrar las características cualitativas de los fenómenos y procesos a partir de sus magnitudes, dinámica, durabilidad, reversibilidad y tendencias evolutivas.

Se proponen como los más recurrentes en los casos de estudio presentados:

Indicadores morfométricos:

valores hipsométricos  
ángulo de inclinación de las pendientes  
longitud de las pendientes  
exposición de las pendientes  
disección vertical  
disección horizontal  
disección general  
densidad de formas erosivas  
densidad de formas cárnicas

Indicadores analítico - evaluativos:

análisis de morfología del relieve  
intensidad de la dinámica endógena  
intensidad de la dinámica exógena

Sintéticos:

grado de complejidad del relieve  
condicionamiento geomorfológico natural para la erosión y otros procesos  
grado de transformación antrópica  
clasificación compleja del relieve

El procedimiento metodológico general para el estudio del relieve se dividió en tres etapas fundamentales:

1. Análisis de la evolución de la problemática de la Geografía como ciencia de integración, en su sucesiva aplicación a los estudios ambientales, la propia trama medioambiental, con sus definiciones y términos y el desarrollo de la Geomorfología con su desempeño y enfoques metodológicos aplicados a la solución de problemas ambientales.
2. Los métodos y procedimientos analíticos de los estudios del relieve, puestos en función de los instrumentos de la Política y la Gestión Ambiental en Cuba, a partir de las experiencias obtenidas por el autor.
3. La presentación de estudios donde se aplican conocimientos y métodos geomorfológicos referidos al uso agrícola, el manejo turístico de zonas montañosas, la minería y el drenaje de un embalse; adaptados a un ordenamiento ambiental los dos primeros, a un monitoreo como parte de un Estudio de Impacto Ambiental en el tercer caso y por último una referencia al valor aportado por los conocimientos del relieve para la Evaluación de Impacto Ambiental de un proyecto de drenaje del embalse Leonero.

Posteriormente se realizó el esquema analítico de los pasos seguidos para los estudios del relieve, a partir de la experiencia aportada por los mencionados casos de estudio, donde se pone de manifiesto el variado número de aplicaciones que

pueden tener los estudios del relieve en la solución de los problemas ambientales, además de las variaciones metodológicas y de procedimientos, que impone cada instrumento de la Política y de la Gestión Ambiental, en correspondencia además con las características naturales y antrópicas puestas de manifiesto en el territorio.

### **APLICACIONES DE LOS ESTUDIOS DEL RELIEVE EN DIFERENTES ESCENARIOS:**

Los principios teóricos de la Geomorfología en función del progreso socioeconómico y el establecimiento de métodos e indicadores geomorfológicos, resultan indispensables en la solución de aquellos problemas que implican al relieve dentro de la problemática ambiental.

Se reseñan tres casos de estudio en Cuba, que muestran, desde diferentes escenarios, tanto desde el punto de vista espacial como de sus peculiaridades geomorfológicas, pero además con objetivos de investigación agrícola, minero y para el manejo hídrico de un embalse; cómo se puede responder a los requerimientos de instrumentos de la política y la gestión ambiental: en estos casos referidos al ordenamiento, el monitoreo y los estudios y evaluaciones de impacto ambiental.

Esta selección de casos de estudios del relieve, está compuesta por aplicaciones validadas en la práctica, con resultados satisfactorios, pero además, extrapolables a situaciones similares:

#### **Análisis de la aptitud del relieve para el manejo agrícola y turístico:**

En el municipio Los Palacios, perteneciente a la provincia de Pinar del Río, se realizó un exhaustivo estudio que abarcó desde la clasificación morfométrica del territorio, dividiéndola en zonas y sub – zonas, hasta una clasificación edafo – geomorfológica compleja para diferentes tipos de uso, a partir del estudio de la aptitud funcional del relieve, los procesos exógenos activos y las tendencias de desarrollo de los mismos.

El relieve allí puede dividirse en dos grandes unidades, con características diferenciadas muy particulares: al norte se hallan las alturas y montañas de la cordillera de Guaniguanico y hacia la parte central y sur del territorio se extiende la llanura Sur de Pinar del Río.

La zona montañosa, en general, la consideramos poco adecuada para la agricultura, sin embargo, su significativo valor ecológico, justifica el incremento de la función y manejo proteccionista. Se recomendaron, además, sectores propicios para un uso turístico – recreativo bajo control, debido a los importantes valores paisajísticos, faunísticos y florísticos del territorio.

La zona de llanuras, ubicada al centro y sur del municipio, pertenece a la región físico – geográfica llanura Sur de Pinar del Río y comprende algo más de las  $\frac{3}{4}$  partes del territorio, abarcando diversos tipos de llanuras.

Aquí fue necesario considerar una subdivisión de las características morfométricas a partir de la densidad de disección de los canales de riego y drenaje, ya que los mismos determinan una red de escurrimiento, que aunque de carácter antrópico,



obedece a las peculiaridades generales de la topografía y, por tanto del relieve; mientras que por otro lado, representan características determinantes en la evaluación del relieve en su interrelación con el medio ambiente.

El aumento de la densidad de la red de canales unido al mal manejo hídrico, potencian una mayor probabilidad de transportación de los sedimentos acarreados, y por ende, de la denudación.

Entre las principales medidas propuestas y llevadas con éxito a la práctica, podemos señalar:

- Detener los desbroces en laderas con inclinación superior a los 10°
- Generalizar el roturado de tierras paralelo a las curvas de nivel
- Evitar la siembra de cultivos temporales o poco protectores en laderas con pendientes de más de 5° de inclinación
- Incrementar el uso de cultivos permanentes (frutales, cítricos, etc.) en las partes más intensamente diseccionadas de la llanura alta.
- Desarrollo de planes forestales y proteccionistas en la zona montañosa.
- Acometer debidamente la revegetación de las canteras o “préstamos”, propiciando la protección de los suelos y del relieve.
- Aplicar medidas antierosivas, de reforestación y de evacuación de aguas pluviales, en los viales de zonas montañosas.

Como consideraciones finales acerca del estudio del relieve para el ordenamiento ambiental en el municipio Los Palacios, hay que decir que presentó aspectos novedosos durante su realización, si tenemos en cuenta que se validó el uso del enfoque geosistémico para el ordenamiento agrícola y turístico de un municipio, donde se reelaboraron los rangos morfométricos de significación para el uso agrícola y se generalizó y sistematizó el uso de los indicadores geomorfológicos para la determinación de la aptitud natural del relieve. Por primera vez para un estudio de este tipo en Cuba, se utilizaron como unidades de análisis las cuencas de tercer orden.

### **Implicaciones del relieve en la prospección y explotación minera:**

En el caso específico del Monitoreo Ambiental realizado para la prospección minera de la Concesión Piloto, en la altiplanicie del Toldo, perteneciente a las montañas de Nipe-Sagua-Baracoa, se realizó un estudio de los cambios en el desarrollo e intensidad de los procesos geomórficos exógenos (erosión lineal y areal), de los mecanismos de respuesta del relieve, la litología y de la red de escurrimiento, ante la actividad de exploración minera, para caracterizar la dinámica de los procesos degradantes que tienen que ver directamente con el relieve y la hidrografía en el territorio, precisar las causas de los cambios observados y definir su grado de relación directa o indirecta con las diferentes actividades de la exploración minera y profundizar en el conocimiento de las relaciones causa – efecto, asociadas a estas actividades.

Las observaciones realizadas durante los dos años de monitoreo, con la finalidad de conocer y describir el comportamiento del escurrimiento, para diferentes épocas del año y ante diferentes eventos hidrometeorológicos (incluyendo un huracán), permitieron una valoración de las peculiaridades hidrológicas del área y de sus implicaciones más importantes con respecto al relieve, dentro de la dinámica

ambiental de la altiplanicie del Toldo.

A partir de un muestreo se definieron las principales características físicas y mecánicas de la litología, lo que sin dudas, determina el comportamiento de una buena parte de los restantes elementos naturales en el área, pero muy en especial de los procesos y formas del relieve.

La dinámica actual de los procesos exógenos en el área y el condicionamiento natural para el rápido desarrollo de los mismos, nos conlleva a considerar al territorio de la concesión minera y por extensión a la altiplanicie del Toldo, como un área de potencial peligro de degradación y rápida desestabilización del relieve, ante cualquier impacto antrópico que se produzca, pero fundamentalmente si el mismo implica desbroces o daños importantes en la cobertura vegetal.

Varias de las características geomorfológicas, litológicas y del comportamiento hídrico, constituyen casos peculiares para Cuba, pero además, con fuertes implicaciones en las interrelaciones que definen al territorio como potencialmente erosionable y de difícil recuperación a corto o mediano plazo, lo cual debe ser considerado si se pretende sustentar la importancia y trascendencia de su conservación.

#### **Aplicación de los estudios del relieve a un Estudio de Impacto Ambiental:**

Entre otros casos de aplicación de los conocimientos geomorfológicos a los diferentes instrumentos de la Gestión Ambiental, podemos citar la Evaluación de Impacto Ambiental realizada para el Proyecto: "Estudio Técnico Económico: Solución de drenaje CAI. Arroceros Holguín - Las Tunas y Dique de la Laguna Leonero", con el objetivo de solucionar las consecuencias derivadas del mal drenaje de 5 368 ha de tierras dedicadas al cultivo del arroz.

Se trataba de aplicar criterios geomorfológicos para respaldar o no, la apertura y desactivación del embalse Leonero, situado en el tercio inferior de la cuenca del río Cauto.

La morfología del relieve y los aportes fluviales del río Hormiguero; el mal drenaje de los vertisuelos arcillosos y de los suelos oscuros plásticos, la poca profundidad a que se encuentra el manto freático (que aflora en determinados lugares) y los procesos de subsidencia que tienen lugar producto de movimientos tectónicos comprobados en el área, de aproximadamente 7 mm anuales. (Lilienberg et al, 1993), hacen compleja la problemática geomorfológica del área, donde transcurren los descensos neotectónicos más intensos del archipiélago cubano, constituyendo una zona marginal transitoria, del tipo isostático de compensación. (Lilienberg et al, 1993). Cualquier modificación natural o antrópica pone en peligro de desaparición numerosos valores naturales asociados a una de las más importantes redes fluviales del país, entre los que se incluyen importantes formas del relieve, como el paleocauce: Brazo Norte del Cauto.

La redistribución espacial de la capa superior de los sedimentos turbosos que actualmente afloran en los cayos del interior de la laguna y en el fondo de ésta, así como la variación de los espesores de sedimentos, implicarían una modificación

drástica del relieve, con repercusión incluso en la dinámica ambiental posterior a la deposición de sedimentos, con la posible intensificación de los efectos producidos por los movimientos neotectónicos recientes de descenso.

Se recomendó no acometer el drenaje del embalse, sin realizar estudios más detallados acerca de los volúmenes de sedimentos que drenaría el embalse, la periodicidad en su emisión aguas abajo y su disposición final; así como los cambios en el sistema de escurrimiento superficial y la posible reactivación del paleocauce.

Este estudio morfológico, morfodinámico y morfotectónico aplicado, tuvo como principal novedad el hecho de que nunca antes en Cuba se había valorado el relieve, desde el punto de vista de los fenómenos y procesos que estarían influenciados por las peculiaridades geomorfológicas del territorio, ante un proyecto de desactivación y drenaje de un embalse con más de treinta años de creado, por demás situado en un área de alta complejidad tectónica, en la parte baja de la cuenca del río Cauto, cercana a la zona sismogeneradora asociada a la articulación entre la microplaca Cubana y la Placa Caribe, representada por la fosa profunda de Bartlett.

El estudio del relieve para una Evaluación de Impacto Ambiental, sienta pautas en el proceder metodológico y en las argumentaciones que aporta, para lo que aparentemente debería conllevar a consecuencias positivas desde el punto de vista del supuesto retorno a la naturalidad.

### **Regularidades en la aplicación de los estudios del relieve para diferentes escenarios:**

A pesar de que en cada uno de los casos de estudio, se realizan aplicaciones de la geomorfología a diferentes tipos de actividades antrópicas y para diferentes tipos de gestión ambiental, se pueden apreciar regularidades en cuanto a la metodología y respecto a las implicaciones del relieve en sentido ambivalente, o sea desde su perspectiva de sustento de la actividad y desde el punto de vista de las incidencias que realiza el hombre sobre él, lo cual es reflejo del grado de implicación del relieve dentro de la trama medioambiental.

Estas aplicaciones tienen un carácter diferenciado, no solo de tipo espacial, sino además y de manera significativa, según la finalidad que persiguen: un uso agrícola sostenible, el aprovechamiento de los recursos turísticos sin riesgos de deterioro ambiental, la prospección y la extracción de minerales de manera racional y sostenible y para el manejo hídrico en el caso de un embalse que ha dejado de cumplir las funciones para las que fue concebido; sin embargo, existen denominadores comunes que determinan un comportamiento similar desde el punto de vista metodológico, pero además en buena parte del procesamiento analítico.

Así por ejemplo, en las zonas de cultivos, el papel de los mapas morfométricos desempeña un papel fundamental en la delimitación y categorización de las áreas más aconsejables para el laboreo mecánico, las que requieren un manejo particularizado del riego o el drenaje y de las que presentan diferentes niveles de favorabilidad para la ocurrencia de procesos geomórficos exógenos.

Algo muy similar sucede para el turismo, la minería y el manejo de cuerpos de agua; en todos los casos, la incidencia de los elementos morfométricos, y de manera muy particular de las pendientes, determinan o no la aptitud natural para un manejo ambientalmente sostenible.

A continuación se exponen algunas de las principales regularidades detectadas:

- No existe un claro entendimiento en los tomadores de decisiones, respecto al peso que se le debe otorgar al relieve dentro de cada gestión ambiental en específico. En ocasiones lo consideran un elemento natural inalterable.
- El análisis sistémico se adapta a todos los casos de aplicación como un enfoque capaz de lidiar con las complejas interrelaciones que se dan entre el relieve y el medio ambiente; independientemente de que los indicadores tomen diferente peso en el análisis que se haga, según las peculiaridades territoriales, los fines que se persigan y en definitiva en dependencia de la conformación particularizada para cada caso, de las interrelaciones naturaleza – sociedad.
- En el caso específico de los estudios del relieve para la evaluación de riesgos en el manejo hídrico de los territorios, resulta de mayor peso el análisis de la dinámica endógena, sobre todo en lo referido a la existencia de fallas, a los movimientos de ascenso y descenso de la tectónica reciente, etc., ya que resulta vital en tales casos conocer las implicaciones del relieve que pudieran incidir en la desestabilización de una obra ingeniera, en la pérdida del agua embalsada, en los riesgos de accidente o como en este caso, en el empeoramiento de las condiciones ambientales a partir de la desactivación y drenaje del embalse.
- El uso de los indicadores morfométricos, aunque ha quedado demostrado que de manera particularizada en cada caso, resulta el punto de partida común, para el conocimiento de la aptitud natural del territorio y de las principales implicaciones ambientales respecto al relieve.

Como puede observarse, el uso de los indicadores morfométricos adquirió un peso preponderante para la evaluación del relieve en los tres casos de estudio, sin embargo fueron considerados como complemento, y en ocasiones con un valor primordial, otros indicadores morfodinámicos y morfotectónicos.

En este caso pasan a tener una mayor connotación los objetivos por los que se realizan los diferentes estudios del relieve, considerándose como determinantes, debido a los riesgos de desestabilización que pudieran implicar las características geodinámicas o del condicionamiento endógeno, en la realización de proyectos constructivos, de infraestructura vial, hidráulicos o de edificación de inmuebles, para diversas actividades.

Como principales indicadores morfodinámicos y morfotectónicos tenidos en cuenta para los estudios del relieve en los diferentes casos de estudio, podemos mencionar el análisis de la existencia de morfoalineamientos y de fallas comprobadas y las evidencias de la dinámica endógena (en este caso de la subsidencia), así como la cercanía a zonas de grandes fallas o a zonas catalogadas como sismogeneradoras. A partir de las reflexiones surgidas acerca de este tema, consideramos posible y recomendable, una articulación más estrecha de los estudios del relieve, dentro de cada instrumento de la Política y la Gestión Ambiental en Cuba.

En cuanto al uso y manejo de los recursos naturales, permanece la tendencia, a nuestro juicio, de que los cambios y transformaciones ocurridos apuntan hacia un mayor peso de la Geomorfología Ambiental dentro de la gestión ambiental y su éxito dependerá de la forma en que se asuma y del nivel tecnológico y profesional con el que se trabaje.

Los estudios del relieve para diferentes escenarios, han dado muestras de su eficiente aplicación en la solución, disminución y prevención de importantes problemas ambientales. Las implicaciones directas o indirectas del relieve en la problemática ambiental, respecto a las actividades socioeconómicas y a las condiciones naturales, así como su capacidad de interactuar con el resto de los elementos del medio ambiente, poseen una extraordinaria importancia en las relaciones que se establecen en el orden económico y productivo. Su estudio representa, en lo productivo: proteger inversiones y evitar pérdidas económicas; desde un punto de vista proteccionista: preservar formas e interacciones del relieve y el uso sostenible de los recursos; en lo social: afianzar el desarrollo del territorio, con una adecuada calidad de vida.

Mediante el estudio del relieve se potencian las posibilidades de recuperación de los territorios dañados por procesos exógenos, como la erosión y la denudación en general, que ocupan los primeros lugares en cuanto a la extensión y gravedad de los impactos ambientales y atentan contra los rendimientos agrícolas y la estabilidad geocológica en Cuba.

Las regularidades observadas en la ejecución de todos los estudios de caso, en diferentes escenarios y a diferentes escalas, denotan un paulatino incremento en el conocimiento de cómo detener, minimizar o revertir los impactos producidos por las alteraciones espacio – temporales, en el relieve.

Queda demostrada la aplicabilidad de los estudios del relieve en su dimensión ambiental, recurriéndose a indicadores y métodos de investigación y evaluación geomorfológicas, en función de: el manejo agrícola, con particular énfasis en los indicadores morfométricos; el incremento de las ofertas turísticas, donde la morfología pasa a jugar un papel protagónico; el impacto de la actividad minera, con el análisis morfodinámico como premisa y el impacto a producirse por el proyecto de drenaje de un embalse, con implicaciones tanto de orden morfométrico, como morfodinámico y morfoestructural. Todo ello pudiera extrapolarse a territorios similares.

## **CONSIDERACIONES FINALES:**

1. A los efectos de demostrar el valor de los estudios del relieve en Cuba, se destaca su inclusión en las estrategias de desarrollo y ordenamiento ambiental, demostrando que pueden aportar criterios y resolver, o al menos minimizar los efectos negativos potenciales, evidenciados en el desarrollo socio-económico, cuando no se ha tenido en cuenta el elemento relieve.
2. Entre los problemas más acuciantes a resolver por los estudios del relieve, y que se abordan en la presente investigación, se pueden citar: la destrucción de geoformas producto de la actividad minera; los procesos erosivos acelerados por el inadecuado manejo agrícola, turístico y minero; los procesos gravitacionales

intensificados por el hombre; así como el diseño y manejo inadecuado de los embalses, aun y cuando se trate de su desactivación.

3. La dimensión ambiental del relieve, permite insertar de manera eficaz y aplicada a la Geomorfología dentro de la política y la gestión ambiental, con repercusiones económicas y sociales. Su contribución a la mejor organización de las relaciones espaciales la avalan para el funcionamiento armónico de las relaciones de tipo interactivo, entre la naturaleza y la sociedad, al dar solución a diferentes problemáticas.

4. Una estrategia correctamente dirigida a perfeccionar cada vez más las aplicaciones geomorfológicas en los problemas medioambientales y su consecuente inserción dentro de las estrategias de gestión ambiental, deberá considerar las relaciones espacio – funcionales entre las diferentes actividades socioeconómicas, como vía para el uso y manejo racional de los recursos.

Los resultados obtenidos en estudios del relieve validados en la práctica, posibilitan plantear recomendaciones, que de acuerdo con la estrategia ambiental, permiten un óptimo aprovechamiento de la experiencia desarrollada en nuestro país:

- Continuar desarrollando el nivel científico - técnico de los estudios geomorfológicos aplicados, para una mayor eficacia y eficiencia en la solución de problemas ambientales, posibilitando la realización periódica de investigaciones que profundicen en el conocimiento de las complejas interrelaciones entre el relieve y los demás elementos del medio ambiente.
- Perfeccionar en la práctica los mecanismos de inserción de los estudios del relieve dentro de la Estrategia Ambiental Nacional, haciendo práctica habitual el uso de los métodos geomorfológicos para la consecución de las Evaluaciones y Estudios de Impacto Ambiental, los monitoreos, diagnósticos y reconocimientos ambientales en general.
- Potenciar el uso cada vez mayor de tecnologías de avanzada, como la interpretación de imágenes de sensores remotos, los Sistemas de Información Geográficos, los Sistemas de Posicionamiento Global, para incrementar la eficacia, eficiencia y rigor científico en los estudios del relieve.
- Se debe prestar mayor atención en las aplicaciones geomorfológicas al reconocimiento de los valores de geodiversidad o de rareza de determinadas geoformas y demás particularidades de cada tipo de relieve, que sustenten los criterios proteccionistas en cada territorio, con la finalidad de insertar al relieve como elemento clave a considerar para la protección del medio ambiente.

#### **BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:**

1. Arcia, M., ed. (1994): *Geografía del medio ambiente: Una Alternativa del Ordenamiento Ecológico*. Universidad Autónoma del Estado de México, Colección: Ciencias y técnicas /24, México, 289 pp.
2. Barranco, G. (2003): *Apuntes básicos sobre la Ordenación Ambiental*, Curso de Maestría del Instituto de Geografía Tropical, 12 pp, (inédito)
3. Blanco, P. (1996): *Enfoques teórico - aplicados al estudio del relieve en territorios montañosos de Cuba*. (Tesis Doctoral) Instituto de Geografía Tropical, CITMA, (inédito), 106 pp.
4. Coates, D. (1972): *Environmental Geomorphology and landscape conservation*, Vol. I, Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. USA, 485 pp.

5. Cooke, R.V. y J.C. Doornkamp (1990): *Geomorphology in Environmental Management. A new introduction*. Clarendon Press. Oxford, 410 pp.
6. Díaz, J .L.; J. R. Hernández y R. Reyes (2001): *El análisis geomórfico - ambiental en territorios montañosos*. Rev. MAPPING, Madrid, pp: 94 - 98.
7. Fernández, V.R. (2002): *El papel de la Geomorfología en los problemas Ambientales*. Centro de Geociencias Aplicadas, Universidad Nacional del Nordeste, Chaco, Argentina, 18 pp.
8. Geissert, D. (2003): *Geomorfología al conocimiento y a la prevención de los desastres naturales.*, Instituto de Ecología de Xalapa, México (formato digital), 43 pp.
9. González, L. (1991): *La utilización del enfoque geosistémico en la investigación geográfica del medio ambiente cubano*. Editorial Academia, La Habana, 24 pp.
10. Hernández, J.R. y J.L. Díaz (1978): *La Geomorfología y la conservación del paisaje natural*. Informe Científico No. 72, Editorial Academia de Ciencias de Cuba, La Habana, 14 pp.
11. Hernández, J.R.; J.A. Luis y A. Magaz (1993): *Exogénesis tropical del relieve del archipiélago cubano y sus implicaciones con respecto al medio ambiente*. Universidad de Los Andes y Colegio de geógrafos de Venezuela, Caracas, 18 pp.
12. Hooke, J.M. (1998): *Geomorphology in Environmental Planning*. Ed. John Wiley and Sons, 37 pp.
13. Hunt, D. y C. Johson (1996): *Sistemas de Gestión Medioambiental. Principios y práctica.*, 318 pp.
14. Instituto de Geografía e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (1989): *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*. Ed. Instituto Geográfico Nacional de España, Madrid.
15. I.G.B.P. (1997): *Land Use and Land-Cover Change: Science Research Plan*. HDP Report No. 7, Report No. 35, 132 pp. (en Inglés).
16. Kichner, K. y J.L. Díaz (1986): *Algunos aspectos básicos de la protección del relieve en Cuba.*, Zpravy GGU CSAV, Brno, 9 pp.
17. Lilienberg, D.A.; J.R. Hernández; M.E. Marques y L. Álvarez (1993): *Movimientos tectónicos recientes de Cuba.*, Tomos 1 y 2, 453 pp. y 118 pp.
18. Magaz, A.R. (1996): "Factibilidad de la minería superficial y medidas generales de protección y recuperación medioambientales desde el punto de vista de las condiciones geomorfológicas." Inst. de Geografía Tropical, CITMA. (Inédito).
19. Martín, E. y L. Lago (1994): *Impacto de la industria cubana del níquel al medio ambiente del territorio*. Unión del Níquel, Ed. LLP, Moa, 45 pp.
20. Martínez Martínez, J. (1996): *Geomorfología Ambiental.*, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, España, 196 pp.
21. Mateo, J. (1992): *Geoecología de los Paisajes*. Universidad de los Andes, Venezuela, 235 pp.
22. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (1997): *Ley No. 81, del Medio Ambiente*. Dirección de Política Ambiental, 47 pp.
23. Panizza, M. y A. Fabbri (1995): *A conceptual approach connecting geomorphology and Environmental Impact Assessment*. I.T.C. Journal /4, Netherlands, pp: 305 – 307.
24. Rivas, V.; C. Rix; E. Frances; A. Cendrero y A. Collison (1995): *Geomorphology and Environmental Impact Assessment in Spain and Great Britain. A brief review of legislation and practice*. En: Geomorphology and Environmental Impact Assessment. Quaderni di Geodinamica Alpina e Cuaternaria, de: M. Marchetti, M. Panizza, M. Soldati and D. Barani, Eds., pp: 83 – 97.

25. Teixeira, A.J. y S. Baptista (1995): *Geomorfología: una actualización de bases y conceptos*. Bertrand Brasil, S.A. (2da. Edición) Río de Janeiro, 472 pp.
26. Villota, H. (1991): *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de las tierras.*, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Sata Fé de Bogotá, D.C., 211 pp.