

“CONTRIBUCIÓN DE LOS ESTUDIOS DEL RELIEVE AL DESARROLLO SOSTENIBLE, EN CUBA”

Jorge Ángel Luis Machín

Instituto de Geografía Tropical

jorgel@geotech.cu

Resumen:

La problemática del medio ambiente y el logro de un desarrollo sostenible, constituyen temas de constante y necesaria vigencia. El relieve en particular, ha sido uno de los elementos naturales más subestimados, en cuanto al papel que desempeña dentro de las complejas interrelaciones medioambientales, pese a que en él se sustenta toda actividad terrestre y a que puede ser modificado de forma acelerada y a gran escala.

Los daños ecológicos y económicos producto de la ocurrencia de procesos geomórficos exógenos, hoy se reconocen entre los más graves y extendidos globalmente, sin embargo, aun no son suficientes ni los estudios, ni las acciones tendientes a evitar, mitigar o a erradicar tales procesos.

El presente trabajo se propone interconectar experiencias y conocimientos para mostrar un proceder metodológico avalado por la práctica, que permite, mediante un enfoque sistémico, el conocimiento científico del relieve en su dimensión medioambiental y precisar las acciones que correspondan en cada caso, para la protección del relieve, el ordenamiento ambiental y el logro de un desarrollo sostenible.

Introducción:

La problemática del medio ambiente y el logro de un desarrollo sostenible, constituyen un tema de constante vigencia en el ámbito internacional al que no siempre se recurre de la manera más adecuada.

Los problemas de los cambios de la cobertura terrestre, están determinados por el uso incorrecto de la tierra, pero además por los efectos de la dinámica interactiva de los procesos naturales, que conducen a modificaciones de la estructura de los diferentes geosistemas del medio ambiente, que caracterizan a un espacio geográfico en un tiempo dado.

Tal como lo ha formulado el Programa Internacional de la Biosfera y la Geosfera (IGBP, 1997) “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 ponen cada vez más en peligro al medio ambiente, propiciando transformaciones, en ocasiones irreversibles, al agua, al relieve, los suelos, los paisajes, la cobertura vegetal, la fauna y a las 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 y ecológicos 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...” (Ley No. 81 del Medio Ambiente, Cuba, 1997); que esté acorde con las esferas específicas de desarrollo de las naciones interesadas en el logro de un Desarrollo Sostenible.

Y como quiera que la mayor parte de las actividades humanas implican consecuencias medioambientales, lo cual se une a las fuerzas, procesos y fenómenos de la naturaleza, 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 demandan información cuantitativa sobre las magnitudes del proceso que provoca el estrés ambiental, sobre el estado del geosistema “como unidad espacio - temporal básica, donde se producen los complejos mecanismos de interacción del proceso impacto - cambio - consecuencia” (CAME, 1985), y de los diferentes niveles y tipos de respuesta ante el estrés.

Para el caso específico de la Geomorfología Ambiental, 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 ejerce o se pretende ejercer.

Con frecuencia se subvalora el hecho de que el relieve constituye el substrato de toda actividad terrestre y de que el mismo puede ser modificado de forma acelerada y en una notable dimensión, constituyendo de hecho un elemento bastante transformado ya. En la actualidad, los daños ecológicos 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 la principal causante del modelado morfoescultural.

En el presente trabajo, se exponen metodologías avaladas por la práctica, a partir de experiencias de campo y de los conocimientos geomorfológicos adquiridos, que deben contribuir, mediante un enfoque sistémico, a un mejor conocimiento científico del relieve en su dimensión ambiental y a precisar las acciones que corresponden en cada caso.

Con el uso de la interpretación de imágenes de sensores remotos, los sistemas de información geográfica y del análisis histórico, entre otros, se establecen criterios geográficos que contribuyen al conocimiento científico del medio ambiente, al correcto

ordenamiento de la actividad antrópica y a la protección del relieve y con él de los ecosistemas terrestres; así como se realiza un aporte práctico a los esfuerzos internacionales para el logro de un desarrollo sostenible.

La Geomorfología en particular, 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 una aplicación de corte eminentemente ambientalista, hasta constituir lo que hoy se ha dado en llamar: Geomorfología Ambiental.

La Geomorfología Ambiental es la rama aplicada a la solución de problemas relacionados con los procesos geomórficos, que afectan al hombre y abarca el conjunto de procesos y efectos modeladores de la superficie terrestre, constructivos o destructivos, a causa de agentes geodinámicos externos o internos, que pretende el conocimiento científico de las diversas interacciones multidireccionales y de sustentabilidad del relieve, ante los diferentes tipos de manejo antrópico, y no según aspectos geomorfológicos aislados.

Hipótesis de la investigación:

El estudio del relieve y de sus interrelaciones con los restantes elementos del medio ambiente, resulta un elemento clave para la adecuada conciliación espacio – temporal entre la naturaleza y las actividades humanas, ya que sus características morfológicas, morfométricas y estructurales, definen un comportamiento diferenciado para el uso y manejo de los territorios.

Objetivo general de la investigación:

Valorar las implicaciones del relieve en el medio ambiente y definir vías metodológicas para su estudio y consideración en las estrategias de desarrollo sostenible, a partir de las experiencias obtenidas en la aplicación de la Geomorfología Ambiental en diferentes escenarios de Cuba.

Objetivos parciales:

1. Analizar la problemática actual que presenta el conocimiento científico del relieve a la hora de proponer el desarrollo sostenible en Cuba.
2. Demostrar la validez de los principios teóricos de la Geomorfología en función del desarrollo sostenible y de la Geomorfología Ambiental como herramienta imprescindible en el logro de una exitosa gestión ambiental.
3. Reforzar los indicadores, índices y métodos de investigación y de evaluación geomorfológicos, para un manejo ambientalista.

4. Ofrecer variantes aplicadas, con el uso de Sistemas de Información Geográfica, que faciliten y conlleven a la inserción de los estudios geomorfológicos en las estrategias de desarrollo sostenible y en los estudios integrales del medio ambiente.
5. Proponer los aspectos geomorfológicos primordiales a considerar en el manejo ambiental de la agricultura, el turismo, la minería y el manejo hídrico, en Cuba.
6. Validar salidas cartográficas apropiadas para diversos objetivos y para diversas herramientas de la gestión ambiental, según casos de estudio.

Materiales y métodos:

Para el estudio y evaluación del relieve, desde el punto de vista ambiental, se acudió no sólo a los procedimientos puramente geomorfológicos, sino además, a métodos (documentales, bibliográficos, geohistóricos, deductivo – inductivos, físico – geográficos complejos y cartográficos) y al enfoque sistémico para la investigación científica; así como a herramientas consideradas como *tecnología de avanzada*.

El conjunto de métodos, geomorfológicos o no, reconocidos internacionalmente para la investigación científica, permitió un mejor análisis cualitativo y cuantitativo del relieve, sin el cual hubiese sido imposible arribar a los resultados obtenidos.

Para conocer el origen y la evolución que ha tenido el relieve, e inferir modelos predictivos ante diferentes tipos de uso y manejo, se recurrió a los métodos tradicionales de la Geomorfología Aplicada, solo que adaptándolos previamente a los objetivos de la investigación, a las características intrínsecas del territorio y al tipo de gestión ambiental que se pretendía en cada caso.

El enfoque sistémico, devenido método de trabajo, permitió una visión holística e integradora, de las complejas interrelaciones que se verifican entre los disímiles subsistemas y elementos del medio ambiente, donde el relieve ocupa un papel condicionante significativo.

Como principales herramientas utilizadas, podemos mencionar a los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la interpretación de imágenes de sensores remotos.

Novedad científica e importancia práctica:

Un estudio insuficiente del relieve y, por tanto, la aplicación incompleta de los conocimientos científicos en función de la protección y el manejo sostenible de los recursos, puede repercutir en la aparición o aceleración 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 sólo 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 largo plazo, las posibilidades de utilización de los recursos naturales y de los valores naturales 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. Por otro lado, se requiere de un análisis geomorfológico que permita evitar, detener, corregir o mitigar las

consecuencias negativas de los procesos geomórficos exógenos que están activos, o que pudieran desencadenarse, para lograr la debida efectividad de un desarrollo socioeconómico de tipo sostenible.

Ello representa evitar grandes pérdidas económicas, daños materiales, e incluso una mayor protección de la calidad de vida de la población, como invaluable fórmula de importancia social.

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 interrelaciones y procesos relacionados de manera directa o indirecta, con la componente geomorfológica.

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

El innegable valor de la Geomorfología Ambiental, desde el punto de vista ecológico, económico y social, es el que 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 15 años de trabajo dentro del Instituto de Geografía Tropical, permitió volcar todo el conocimiento adquirido en la solución de problemas geomorfológicos y ambientales concretos, pudiéndose llegar a criterios metodológicos que enlazan los utilizados por la Geomorfología, la Ecología 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; refuerza los indicadores, índices y métodos de investigación y de evaluación geomorfológicos, básicos e indispensables, que deben utilizarse para un manejo ambientalista; presenta ejemplos de representación cartográfica de la Geomorfología Ambiental, en lo general y en lo particular (según casos de uso); y propone, cuáles deben ser los aspectos primordiales a considerar en el manejo ambiental de la agricultura, el turismo, la minería y el manejo hídrico, extrapolables a territorios similares.

Por ello se considera que la mayor parte de la novedad científica de esta investigación radica, más allá de sus implicaciones teórico – metodológicas, en el análisis aplicado de los fenómenos y procesos de la relación compleja 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, avalados por documentos que acreditan su aplicación científico – técnica, aportando 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 y el desarrollo turístico del municipio Viñales, ambos en la

provincia de Pinar del Río; la actividad prospectiva y extractiva de la minería "a cielo abierto" en Moa, provincia Holguín y obras ingenieras de interés hídrico, como el embalse Leonero en la Llanura del Cauto, provincia Granma; para las cuales 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 la Geomorfología Ambiental en disímiles zonas del territorio nacional, donde la problemática ambiental necesitaba contar con los aportes del conocimiento del relieve, para garantizar un adecuado uso y manejo de los recursos naturales, lo que evidencia el peso que se ha ido ganando esta disciplina, en cuanto al logro de un Desarrollo Sostenible.

En cuanto a la Geomorfología Ambiental aplicada a diferentes escenarios de Cuba, se profundiza en el análisis de la optimización funcional del relieve para la agricultura y el turismo en el municipio Los Palacios; las implicaciones del relieve en la prospección y explotación minera "a cielo abierto" en Moa y en cuanto a la morfometría y el manejo hídrico del embalse Leonero.

APLICACIONES DE LOS ESTUDIOS DEL RELIEVE PARA DIFERENTES ESCENARIOS DE CUBA

1. Análisis de la aptitud del relieve para el manejo agrícola, en el municipio Los Palacios.

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, el significativo valor ecológico de la zona, justifica el incremento de la función y manejo proteccionista, con vocación forestal, para prácticamente toda esta porción del municipio Los Palacios. 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 re - vegetación 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 de montañosas.
- Medidas antierosivas generalizadas y puntuales, para detener o revertir los procesos degradantes de mayor manifestación en el territorio.

2. Implicaciones del relieve en la prospección y explotación minera "a cielo abierto" en las montañas de Nipe-Sagua-Baracoa, Cuba.

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, 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 las actividades mineras.

Al abordar el estudio del relieve y del comportamiento hidrográfico en el área de la exploración minera, se relacionan primeramente los resultados obtenidos en las mediciones del monitoreo y se realizan consideraciones a partir de la cuantificación de los procesos erosivos y de las observaciones realizadas durante los dos años de monitoreo.

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), han permitido 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.

Allí coexisten, en estrecha interrelación, el escurrimiento de tipo superficial (lineal y difuso), el subsuperficial y el subterráneo (de surgencia y sumersión), asociado a

intensas lluvias y a pequeñas acumulaciones de agua, en trampas litológicas que se ubican entre la corteza de intemperismo y el lecho de roca madre.

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.

Se debe hacer un seguimiento de los estudios del relieve, el escurrimiento y de las características del substrato litológico en el territorio, no sólo para el conocimiento de la dinámica actual, sino además, para prevenir cualquier tipo de respuesta negativa ante impactos producidos, así como para la recuperación total o parcial del equilibrio dinámico del territorio, en aquellas zonas en que haya sido dañado.

3. Importancia de la morfometría y de la morfología del relieve para el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto de drenaje del embalse Leonero en la cuenca del Cauto.

Otro caso de aplicación práctica de los estudios del relieve para el desarrollo sostenible, se muestra en el Estudio de Impacto Ambiental generado a partir del Proyecto denominado: "Estudio Técnico Económico: Solución de drenaje CAI. Arroceros Holguín - Las Tunas y Dique de la Laguna Leonero", realizado en 1998 por el Departamento de Riego y Drenaje de la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hidráulicos de Holguín, con el objetivo de solucionar las consecuencias derivadas del mal drenaje de 400 cab. de tierras dedicadas al cultivo del arroz.

En este caso, 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.

En la definición de la línea base para el Estudio de Impacto Ambiental, se hace una descripción pormenorizada de los elementos naturales implicados, entre los que el relieve (componentes endógena y exógena) desempeña un papel determinante.

Entre los principales rasgos geomorfológicos podemos mencionar que la cuenca del río Cauto, está ligada a la depresión sinclinal de la parte media occidental del Sinclinorio Guacanayabo - Nipe. Su eje principal está orientado en sentido Este - Oeste y la depresión de la llanura está rellena por una serie de estratos combados en forma sinclinal y alterados por fallas en los sedimentos del Paleógeno - Neógeno y de la cobertura cuaternaria, cuyos estratos se inclinan según un eje longitudinal en el sentido del río Cauto. Allí transcurren los descensos neotectónicos más intensos del

Archipiélago Cubano, constituyendo una zona marginal transitoria, del tipo isostático de compensación. (Lilienberg et al., 1993).

La cuenca del río Cauto, coincide con un conjunto de estructuras de morfologías circulares negativas, representativas de intensos movimientos de descenso, que han ocurrido en la zona durante toda su evolución geológica. Estas estructuras aparecen por toda el área de la cuenca fluvial, o sea en los cursos inferior, medio y superior.

El tercio inferior de la cuenca está limitado por una estructura plegada compleja, esencialmente de carácter negativo, que ha estado activa durante toda la etapa de su evolución, hasta el Holoceno.

Se reconocen estructuras tectónicas que han modelado la morfología actual del área, y en particular, de este curso inferior de la cuenca, y de su delta.

La laguna y el embalse Leonero, se ubican en el interior de una estructura circular negativa, limitada por la morfoisohipsa de 20 metros y a su vez, el delta del Cauto está formado por dos estructuras circulares negativas de menor orden, ubicadas al norte y al sur del cauce del río. Al nivel de la mayor estructura circular, las estructuras lineales permiten reconocer las direcciones principales que caracterizan la tectónica del delta.

De ello se infiere que cualquier modificación natural o antrópica que ocurra en el embalse Leonero, afectará directa o indirectamente a las zonas aledañas y al plano de inundación del río Cauto, en específico su antiguo cauce norte abandonado.

Las implicaciones de la apertura del dique por tres lugares, según el estudio realizado por la Empresa de Investigaciones y Proyectos Hídricos del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de Holguín, solo se pueden prever desde el punto de vista cualitativo, pues no se cuenta con una topografía detallada aguas abajo del embalse, que permita calcular, con los volúmenes actuales del embalse Leonero, cuál será el área de inundación y cuál será la distribución de los sedimentos que hoy se encuentran en la presa.

En el proyecto de drenaje del embalse no se ha tenido en cuenta que los tres canales de desagüe atraviesan perpendicularmente el brazo norte del Cauto, un paleocauce que podría reactivarse, con lo que se incidiría directamente sobre el relieve y el escurrimiento superficial, lo que traería consigo una variación en el ciclo de evolución geomorfológica del tercio inferior del cauce y presumiblemente del delta del río Cauto.

Desde el punto de vista de la importancia científica, se ponen en peligro de desaparición numerosos valores naturales entre los que se incluyen las formas del relieve asociadas a una de las más importantes redes fluviales del país.

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, causados por la ocurrencia de procesos denudativos inducidos (transporte y deposición de sedimentos), así como la variación de los espesores de sedimentos, implicarían de hecho una modificación del relieve.

La modificación de la morfología del Cuaternario en la zona, puede intensificar los efectos producidos por los movimientos neotectónicos recientes de descenso.

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

Se propuso la terminación de las canalizaciones que han quedado inconclusas dentro del territorio, así como limpiar los canales que están en uso y rectificar algunos cauces de interés para el drenaje del área: Hormiguero, Salado, Cayojo y Jucarito. Esto pudiera solucionar en parte la problemática de las tierras arroceras con mal drenaje, sin necesidad de recurrir a la apertura del embalse.

Por otro lado, de acometerse el desagüe se reforzarían impactos negativos ya presentes, como la salinización y el mal drenaje, debido al elevado nivel de persistencia y a la subsidencia, en el primer caso, y a las características edafo - geomorfológicas del territorio, en el segundo.

Regularidades en la aplicación de la Geomorfología Ambiental para diferentes escenarios en Cuba.

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, la prospección y extracción de minerales de manera racional y sostenible y 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 desde el punto de vista metodológico, en buena parte del procesamiento analítico.

Principales indicadores geomorfológicos para el análisis ambiental:

Los indicadores constituyen un sistema de parámetros, que reflejan las características cualitativas de los impactos, cambios y consecuencias, así como su distribución y magnitud, la dinámica, durabilidad, grado de reversibilidad, velocidad y las tendencias del desarrollo, según plantea la Norma cubana 93-00-004:88.

No resulta necesario agotar aquí toda la gama de posibles indicadores geomorfológicos que pudieran definir o aportar criterios para una interrelación de tipo relieve - medio ambiente, puesto que dependerán, en gran medida, de los objetivos y del lugar de estudio, donde se debe esclarecer cuáles son los que más aportan al conocimiento sistémico de la problemática ambiental.

Ahora bien, en sentido general, se proponen como los más recurrentes en el caso de Cuba:

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 cársticas

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

Tabla No. 1: Métodos morfométricos de mayor peso para cada caso de estudio, y que se recomiendan para escenarios similares.

		Casos de estudio		
		municipio Los Palacios (montañas pequeñas, premontañas y llanuras)	altiplanicie del Toldo (montañas bajas, potentes cortezas de intemperismo)	embalse Leonero (llanuras bajas, tercio inferior de la cuenca del Cauto)
métodos morfométricos con mayor peso en la		hipsometría, ángulo y longitud de las pendientes, disección vertical, y horizontal, órdenes de valles e interfluvios, densidad de formas erosivas, densidad de formas cársticas	ángulo de inclinación de las pendientes, disección general, morfoisohipsas, densidad de formas erosivas, densidad de formas cársticas	hipsometría, ángulo de inclinación de las pendientes, disección horizontal, densidad de formas acumulativas, densidad de tectoalineamientos

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 similar sucede para 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 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.
- 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.

Tendencias en el uso de la geomorfología para una gestión ambiental eficiente.

Aparejado al desarrollo de las acciones para perfeccionar la política y la gestión ambiental en Cuba, en los últimos años se ha notado en el ámbito internacional, un incremento del papel que desempeña la Geografía y con ella la Geomorfología, en el enfrentamiento de la problemática ambiental.

Dada la trascendencia que adquiere la ampliación de los análisis geomorfológicos en las cuestiones medioambientales, presumiblemente deberá ser incluido dentro de los estudios sistémicos que se realicen, todo el andamiaje teórico - metodológico con que cuenta la Geomorfología Ambiental.

Partiendo del hecho innegable de que ha estado produciéndose en los últimos años en Cuba y a escala internacional, una articulación eficiente del estudio de los fenómenos y procesos que caracterizan al relieve, dentro de cada uno de los instrumentos de la estrategia y la gestión ambiental, y teniendo en cuenta la creciente concienciación y conocimiento de los mecanismos que imperan dentro de cualquier problemática ambiental bajo análisis, resulta obvio esperar un rápido incremento de los estudios del relieve para cada nueva inversión o cada conflicto ambiental que se pretenda dilucidar.

Esta tendencia cobra importancia en la toma de decisiones, puesto que permite una mejor gestión de los hacedores de cada actividad socioeconómica, entre otras cosas, porque los estudios actuales, reflejados cada vez más hacia un mayor impacto de la ciencia en función de lograr el desarrollo sostenible, encontrarán respuesta en el marco territorial a nivel local, que es en realidad donde existe el mayor conocimiento de lo que allí acontece y donde se verificará el accionar de las fuerzas productivas en conciliación con la naturaleza.

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 protagonismo de la Geomorfología Ambiental dentro de la gestión ambiental y su éxito dependerá de la forma en que se asuma y el nivel tecnológico y profesional con el que se trabaje.

Consideraciones finales:

1. El favorable desarrollo de la Geomorfología Ambiental en los últimos años, tanto en el ámbito nacional como internacional, prueba cada vez más su eficiente aplicación en la solución, disminución y prevención de importantes problemas ambientales. Las implicaciones directas o indirectas del relieve en la problemática ambiental, con una alta interdependencia en su distribución espacio – temporal, tanto respecto a las actividades socioeconómicas como a las condiciones naturales, así como por su capacidad de interactuar con el resto de los elementos del medio ambiente, posee una extraordinaria importancia en las relaciones que se establecen en el orden económico y productivo.
2. Mediante estos estudios se potencian las posibilidades de recuperación de los ecosistemas dañados por procesos exógenos, que, como la erosión y la denudación, ocupan los primeros lugares en cuanto a la extensión y gravedad de los impactos ambientales; y atentan contra los rendimientos agrícolas en Cuba.
3. A los efectos de valorar y demostrar que la Geomorfología Ambiental en Cuba puede contribuir al desarrollo sostenible, se sientan las bases para su inclusión en las estrategias de desarrollo y ordenamiento de estos espacios, demostrando que puede hacerlo de manera eficiente y resolver, o al menos minimizar, diferentes obstáculos que se presentan en la gestión ambiental.
4. Entre los problemas más relevantes a resolver por la Geomorfología Ambiental se pueden citar: la destrucción de geoformas y con ella de los ecosistemas asociados, producto de la actividad minera; los procesos erosivos acelerados por el inadecuado manejo agrícola, turístico, etc.; los peligros de derrumbes, deslizamientos y demás procesos gravitacionales intensificados o no por el hombre; el diseño, construcción o explotación incorrecta de embalses, viales, infraestructura, asentamientos, etc., lo cual puede revertirse en daños a las instalaciones y a la vida humana.
5. La dimensión ambiental del desarrollo socioeconómico, ha permitido insertar de una manera mucho más eficaz y aplicada a la Geomorfología dentro de la gestión ambiental, con implicaciones no solo hacia los demás elementos físico - geográficos estrechamente vinculados a ella, sino además, en su repercusión económica y social. Su contribución a la mejor organización de las relaciones espaciales que impone el desarrollo sostenible, la avalan como especialidad, no sólo para el entendimiento de las complejas interrelaciones físico - geográficas, sino para el funcionamiento armónico de las relaciones de tipo interactivo, entre la naturaleza y la sociedad.
6. 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.
7. 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, en función del desarrollo sostenible.

8. En el presente trabajo se defienden los principios teóricos de la Geomorfología Ambiental y se refuerzan los indicadores, índices y métodos de investigación y evaluación geomorfológicos, que resultan básicos e indispensables, para una correcta valoración ambiental. Se especifican los aspectos a tener en cuenta en el manejo ambiental de la agricultura, el turismo, la minería, el manejo hídrico, etc., en el caso de Cuba, lo cual pudiera extenderse a territorios similares.

Los resultados obtenidos en las investigaciones geomorfológicas que se presentan, han sido validados en la práctica, posibilitan plantear varias recomendaciones o propuestas, que de acuerdo con la estrategia ambiental, permiten un óptimo aprovechamiento de la experiencia desarrollada en nuestro país, en cuanto a los estudios del relieve, para el logro de un verdadero desarrollo sostenible:

- Potenciar cada vez más la elevación del nivel científico - técnico en las investigaciones de Geomorfología Ambiental, para una mayor eficacia y eficiencia en la solución de problemas territoriales.
- Perfeccionar en la práctica los mecanismos de inserción de la Geomorfología Ambiental dentro de la Estrategia Ambiental Nacional.
- Posibilitar la realización periódica de investigaciones fundamentales en materia de Geomorfología, con la intención de profundizar en el conocimiento científico de las complejas interrelaciones que se dan entre el relieve y los diferentes elementos del medio ambiente y viceversa.

El todavía insuficiente uso de imágenes de sensores remotos y de otras tecnologías de avanzada (SIG, GPS, etc.); la reducción de los viajes de campo para la realización de estudios fundamentales de corte geomorfológico; el escaso reconocimiento de los valores de geodiversidad o de rareza de determinadas geoformas y de las particularidades de cada localidad o unidad de paisaje; lastran el empleo óptimo y la mayor efectividad y eficacia de las aplicaciones de Geomorfología Ambiental, por lo que se debe prestar especial atención a esos problemas, a la hora de abordar los estudios del relieve enfocados al logro de un desarrollo sostenible.

Se incluyen tablas, mapas, figuras, imágenes y un pequeño glosario de términos, con la intención de esclarecer los criterios, conceptos e ideas, defendidas por el autor.

Fig. No. 6:
CONDICIONANTES DEL RELIEVE PARA EL MANEJO AGRÍCOLA
 MUNICIPIO LOS PALACIOS, PINAR DEL RÍO



✦ 321 000 m N
 270 000 m E

✦ 320 000 m N
 246 000 m E

302 000 m N
 261 000 m E ✦

✦ 288 000 m N
 283 000 m E

279 000
 265 000 ✦

Áreas de morfometría modificada por el hombre:

	Evaluación	Adecuación actual para el uso agrícola:
A	Muy favorable	Morfometría reelaborada por el hombre, para reducir al máximo las pérdidas de agua y suelos.
B	Favorable	Muy poca densidad de la red de riego y drenaje. Denudación leve debido a la pérdida de la cubierta vegetal.
C	Muy poco favorable	Red de canales moderadamente densa. Denudación de moderada a fuerte por el frecuente laboreo de las tierras.
D	Desfavorable	Densa red de riego y drenaje. Fuerte denudación debido a la intensa aplicación de técnicas agrícolas y de regadío.

Valles de ríos y afluentes cuyas características

CONDICIONES DEL RELIEVE PARA EL USO AGRÍCOLA A PARTIR DE ÍNDICES MORFOMÉTRICOS

	P	DH	DV	Evaluación	Características para el uso agrícola:
1	0.3 – 1	0.3 – 1	0 – 20	Muy favorables	Denudación leve, buenas condiciones para el laboreo mecánico, regadío simple y sin necesidad de obras de drenaje. Apto para cualquier cultivo.
2	1 – 3	1 – 1.5	20 – 50	Favorables	Buenas condiciones para el laboreo agrícola, pero con riesgos de denudación y de requerimientos hidrotécnicos. Aptos para gran cantidad de cultivos.
3	3 – 5	< 0.3 1 – 1.5	20 – 50	Poco favorables	Denudación moderada, se dificultan el laboreo y las obras para el regadío. Poco aptos para uso agrícola.
4	3 – 10	1.5 – 2.5	50 - 100	Muy poco favorables	Denudación fuerte, malas condiciones para el laboreo mecánico y obras muy complejas para el regadío.
5	< 0.5 10 – 35	0.3 – 0.5 1.5 – 2.5	< 10 100 - 300	Desfavorables	a) Terrenos de mal drenaje, inundables, de baja fertilidad. b) Erosión fuerte, muy malas condiciones para el laboreo mecánico o el regadío. Su uso debe ser controlado y solo en determinados cultivos.
6	< 0.3 > 35	< 0.3 > 2.5	<10 > 400	Muy desfavorables	a) Terrenos inundados, con malas condiciones para el laboreo mecánico. Requieren complejas obras de drenaje. b) Erosión muy fuerte, sin condiciones para el laboreo mecánico ni regadío. Deben ser reforestados y empleados en actividades