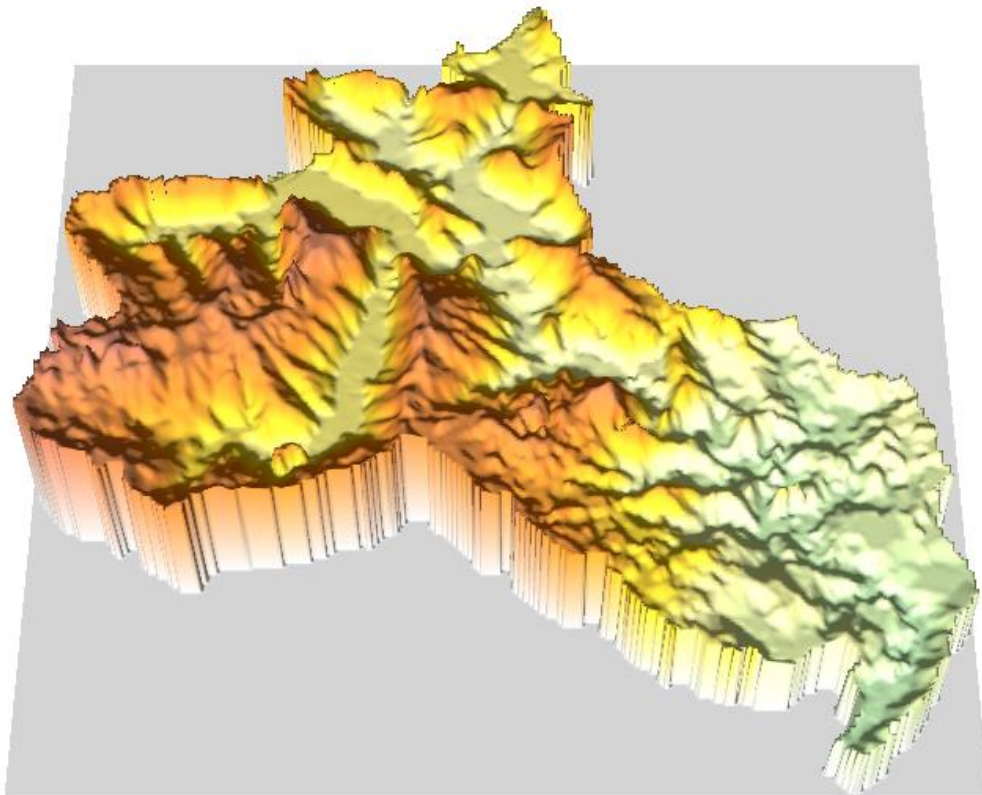


**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR,  
UNIVERSIDAD DE LA HABANA,  
FACULTAD DE GEOGRAFÍA**

**Peligros Geomórficos en la Cuenca del Río Jibacoa  
(Montañas de Trinidad)**

Tesis en opción al Grado Científico de Master Geografía, Medio Ambiente y  
Ordenamiento territorial,  
Mención en Ordenamiento integral de Cuencas Hidrográficas.

**Autor: Lic. Miguel Angel Sánchez Celada  
Tutor: Dr. Jorge Luis Díaz Díaz**



**La Habana  
Junio, 2001**

## **Agradecimientos**

El presente trabajo está terminado gracia a la colaboración, ayuda, sugerencias de muchas personas, para las cuales tengo la más grande gratitud y consideración.

Al Dr. Jorge Luis Díaz Díaz, por todo su tiempo, la revisión exquisita, la crítica siempre constructiva y la orientación oportuna.

A la Dra. Luisa Iñiguez, por seguir siendo profesora y por las largas discusiones en su casa.

Al Lic. Francisco Cutié, por su comprobación minuciosa, las sugerencias y aclaraciones.

Al MSc. Ramiro Reyes por su opinión siempre atinada y su revisión precisa.

A la MSc. Grisel Barranco, por sus orientaciones.

Al Departamento de Geodinámica y Riesgos, por el apoyo brindado en todo momento.

Al Departamento de Montañas por la información brindada.

A los colegas y amigos Inv. Odalys Bouza, Odil Durán, Dr. José Luis Batista, Dr. José R. Hernández, Dra. Maira Celeiro, Téc. Xiomara Medina.

## Síntesis.

La configuración de cúpula-bloque de Las Montañas de Guamuhaya, se ha desarrollado en la etapa neotectónica, sobre el basamento plegado de los complejos jurásicos metaterrígenos y metacarbonatados. El ascenso neotectónico del sistema se refleja directamente en el relieve, mediante la disposición, aproximadamente concéntrica de las superficies de nivelación y los pisos altitudinales, el diseño de la red fluvial, la edad del relieve, la disposición de las escarpas tectónicas que lo limitan y otros indicadores. Su complicada estructura antigua se refleja de forma pasiva en el relieve a modo de casquetes tectónicos monoclinales carbonatados y montañas blindadas, que se corresponden con algunos mantos de sobrecorrimiento.

El límite entre las Montañas de Trinidad y las de Sancti Spíritus, se localiza en las cercanías del poblado de Meyer, es la depresión del río Agabama que es un bloque tectónico hundido y dividido en dos unidades. El extremo meridional de la depresión del río Agabama, está cerrado por una cadena de alturas bajas de rocas carbonatadas una de ellas al Sur, formada por una serie de terrazas planas erosivas y acumulativas y la otra al norte, constituida por alturas y premontañas. El macizo está constituido en general por un núcleo de rocas esquistosas intensamente metamorizadas, muy antiguas, plegadas y alteradas. Sobre estos esquistos descansan fragmentos de un manto de rocas carbonatadas recristalizadas, igualmente metamorizadas y muy carsificadas.

Las Montañas de Trinidad representan un levantamiento de cúpula-bloque, antifórme, con ascensos neotectónicos intensos, formado en el basamento plegado preeocénico medio. En su conformación se aprecia un sistema fundamental de fracturas radiales y concéntricas, alterado por otro transversal que no responde al plano primario de su formación.

A partir del análisis morfotectónico se determinaron 61 bloques para todo el Mesobloque, de los cuales 18 poseen una importancia particular en la dinámica de la cuenca Hidrográfica del río Jibacoa.

La Cuenca de estudio presenta una altitud máxima de 851 m representado por la Loma Guaniquical ubicada en la parte media de la misma, alturas superiores se localizan en los límites periféricos, que van desde los 864 m en el límite noroccidental de la cuenca hasta los 902 m en la parte sur de la misma.

La presente investigación se enmarca en el Proyecto "Fenómenos y procesos geomórficos y su papel en las transformaciones ambientales de la Sierra de Trinidad. Un procedimiento para su estudio", del Programa Ramal "Protección del medio ambiente y desarrollo sostenible".

El conocimiento geomorfológico precedente, como base para nuevas líneas de investigación, permitió emplear los métodos geomorfológicos tradicionales aunados a técnicas novedosas de investigación y se relacionó el relieve tanto con elementos endógenos como exógenos, para la determinación de su dinámica.

La herramienta SIG, fue de gran utilidad, así como el análisis estadístico-matemático, que permitió establecer el peso de cada variable y cuantificar la dinámica de los bloques, obteniéndose como resultado una interrelación entre la componente endógena y exógena que se ajusta al diseño cúpula-bloque, quedando definidos cinco tipos de peligro geomórfico.

El peligro geomórfico expresado en los bloques morfotectónicos, constituye un indicador de la inestabilidad potencial de la cuenca, así, los tipos aquí definidos reflejan jerárquicamente su inestabilidad.

Peligros geomórficos en la Cuenca del Río Jibacoa  
(Montañas de Trinidad)

**Introducción**

El crecimiento demográfico y la aplicación de modelos económicos desarrollistas, que sólo ven a la naturaleza como portadora de recursos ignorando que ella es, a su vez, el entorno donde la vida se desarrolla, han ocasionado grandes pérdidas a la humanidad, motivo por el que los organismos financieros nacionales e internacionales y los gobiernos han sido receptivos al llamado de alerta que durante décadas ha realizado la comunidad científica internacional.

En la actualidad el modelo de desarrollo económico que se pretende implementar es el sostenible. En el campo de las ciencias naturales y sociales ello presupone nuevos retos y direcciones de investigación, que a grandes rasgos deben estar orientadas hacia el diagnóstico de la situación ambiental, el estudio de las potencialidades naturales y las investigaciones dirigidas a determinar las limitantes que la naturaleza impone al nivel tecnológico actual, dentro de éste último se insertan las investigaciones relacionadas con los peligros, las cuales son estimuladas en el ámbito internacional por la creación del programa para la reducción de los desastres de la Organización de las Naciones Unidas.

El objeto de estudio de la presente investigación lo constituye la Cuenca del Río Jibacoa, localizada en la parte centro-oriental de las Montañas de Trinidad, pertenecientes a las Montañas de Guamuhaya.

El autor considera oportuno tomar como objeto de estudio una cuenca hidrográfica montañosa por constituir ésta un sistema concreto con claros mecanismos de entrada y salida, en virtud de lo cual la transformación de cualquier geocomponente puede ser maximizada como conflicto de todo el espacio.

Según Acevedo (1983), estas montañas presentan una zonalidad altitudinal que se expresa mediante diferentes paisajes. En el núcleo montañoso, sobre los 800 m de altitud, se encuentran los bosques templados muy húmedos, con promedios anuales de 2000 mm de lluvia y 15 -17°C de temperatura media anual del aire, una estable presión atmosférica y una humedad relativa media anual del 86%. En esta localidad los suelos son ferralíticos rojos típicos y fersialíticos pardo-rojizos, que sustentan al bosque pluvial. Hacia los bordes del macizo se ubican los bosques temporalmente húmedos, con promedios anuales de precipitación de 1 900 mm entre 700 y 800 m y 1800 mm a 300 m de altitud, con suelos pardos con carbonatos, húmicos, poco evolucionados y esqueléticos en la vertiente meridional. Los bosques de esta zona son el siempreverde submontano y el deciduo.

"Muchas de las elevaciones muestran la forma de cono cual si fueran mogotes... A su vez, algunos valles abiertos no ofrecen desagües superficiales, sino subterráneos, a través de cavernas como las corrientes del Jibacoa, del Boquerones y otras". (Ayala, 1989).

En el plano económico es evidente que los territorios montañosos constituyen atractivos naturales por su bajo nivel de antropización aspecto de interés para el desarrollo del turismo. Entre estas condiciones naturales se pueden citar: alto valor endémico, escasa urbanización y alto valor paisajístico. También los convierte en un escenario idóneo para la defensa del país. Por otra parte, a estos territorios por razones históricas le corresponde a escala nacional la producción cafetalera, rubro económico exportable y con tradición de consumo en el país.

Las cuencas montañosas, históricamente marginadas han tenido en las últimas décadas un creciente desarrollo económico, debido a las políticas del gobierno dirigidas a incrementar la población, las cuales se concretan en el programa de desarrollo integral de la montaña ejecutado mediante el Plan Turquino-Manatí.

Esta investigación se enmarca en el Proyecto "Fenómenos y procesos geomórficos y su papel en las transformaciones ambientales de la Sierra de Trinidad. Un procedimiento para su estudio" del Programa Ramal "Protección del medio ambiente y desarrollo sostenible".

Aporte investigativo:

En el orden práctico, los resultados ofrecen una diferenciación espacial de los peligros geomórficos que pueden afectar la cuenca, información de utilidad para los planes directores de desarrollo de la misma, así como para la toma de medidas dirigidas a prevenir y mitigar pérdidas socioeconómicas.

El aporte metodológico se concreta en el procedimiento para el estudio de los peligros geomórficos a partir de la caracterización y combinación de la dinámica endógena y exógena.

La investigación esta sustentada en la hipótesis siguiente:

El peligro geomórfico es una manifestación del conjunto de variables geomorfológicas y puede establecerse mediante el cálculo de la dinámica.

*Los peligros geomórficos son rasgos distintivos de los territorios montañosos y están dados por la dinámica endógena y exógena.*

Para validar esta hipótesis se han delineado un objetivo general y cuatro objetivos específicos; a saber:

Objetivo general:

Diferenciar espacialmente los peligros geomórficos en la cuenca del Río Jibacoa

Objetivos específicos:

- Determinar las unidades geomórfica de la cuenca (bloques morfotectónicos).
- Seleccionar variables endógenas y exógenas representativa de la dinámica geomórfica.
- Clasificar los bloques morfotectónicos según su dinámica endógena y exógena auxiliándose de métodos estadísticos matemáticos multivariados.

Para cumplir estos objetivos es necesario realizar el siguiente conjunto de tareas dirigidas a la culminación de estos:

- Preparación metodológica sobre los principales conceptos temáticos, métodos y procedimientos.
- Identificación de los bloques morfotectónicos a escala regional.
- Caracterización endógena y exógena del territorio.
- Diferenciación espacial de los peligros geomórficos.

La tesis consta de 64 páginas y 20 ilustraciones (7 mapas 2 figuras y 11 tablas). Contiene la Introducción, tres capítulos, Conclusiones, Recomendaciones y Bibliografía.

# **Capítulo I**

## **Teoría, conceptos y métodos**

### **I.1 Relieve**

Las definiciones más modernas de relieve lo declaran, genéticamente, como resultado de la interacción de las fuerzas endógenas y exógenas. Sólo desde el punto de vista metodológico y cognoscitivo es posible separar tales fuerzas y los procesos y fenómenos resultantes.

Entre las manifestaciones de las fuerzas endógenas se encuentran los sismos que se caracterizan por movimientos verticales recientes rápidos de distintas intensidad y magnitud, reconocidos por datos históricos o registrados instrumentalmente. Ellos son fuente directa e inmediata de transformaciones en el medio natural y socioeconómico, por la enorme energía liberada. La correspondencia espacial entre los terremotos (intensidad y frecuencia), fallas, nudos morfoestructurales y bloques determinan la actividad tectónica reciente en un territorio. Este concepto no implica la declaración de zonas sismogeneradoras, sobre las cuales no existe en Cuba y en otras zonas intraplacas un criterio uniforme y aceptado, sino la actividad espacialmente expresada de un determinado componente morfoestructural.

El plano morfotectónico expresa la disposición y el orden de las fallas activas y de los correspondientes bloques de la corteza terrestre. Tal disposición del fondo morfotectónico determina, a su vez, la acción y el desarrollo de un conjunto de elementos exógenos. Un elemento importante para caracterizar este elemento es la categoría superior de los límites de los bloques.

Los nudos morfoestructurales o zonas de conjunción de fallas, bloques y de alto tectonismo representan los puntos más activos de la actividad endógena. Consecuentemente, la dinámica de la superficie terrestre resulta alta y con ella la manifestación de los procesos gravitacionales en primer lugar.



Los morfoalineamientos (fallas antiguas superficiales o enterradas, grietas y diaclasas), son aprovechados por los agentes exógenos para elaborar o conformar un determinado tipo de morfología: denudativa, marina, fluvial o cársica, que generalmente se dispone en un tramo recto al aumentar la intensidad de la acción del factor correspondiente. Se denota que el elemento no es íntegramente tectónico sino mixto. El indicador empleado comúnmente es la longitud total y su densidad, en cada unidad neotectónica.

Los dos grandes grupos de fuerzas genéticas, cuyas fuentes de energía se encuentran en el interior de la Tierra y en el Sol, condicionan la existencia de elementos endógenos y exógenos como importantes dinamos de autotransformación y transformación.

Entre los dinámico-endógenos, los movimientos tectónicos de diversa escala temporal, espacial, intensidad y manifestación, y entre los dinámico-espaciales, los morfoestructurales son los más importantes.

Los movimientos se pueden traducir como atributos en:

- ◆ Dinámica reciente: Bloques y fallas con movimientos tectónicos recientes rápidos (terremotos) y bloques y fallas con movimientos tectónicos verticales recientes lentos (seculares).
- ◆ Dinámica neotectónica: Movimientos neotectónicos: delta máximo de los movimientos entre bloques vecinos y valor máximo del ascenso en cada bloque.
- ◆ Dinámico-espaciales comprenden: Plano morfotectónico-categoría superior del límite morfotectónico y los nudos morfoestructurales-categoría jerárquica.
- ◆ Morfoestructurales son: Morfoalineamientos-longitud total y densidad.

Estos indicadores influyen sobre los procesos exógenos actuales, los cuales pueden ser netamente naturales o inducidos por el hombre y condicionan también cambios en otros factores ambientales. Por consiguiente, su valoración individual e integral conduce a la identificación de la dinámica de los territorios.

El conjunto de elementos exógenos está relacionado con el aspecto exterior del relieve, conformado por la morfología y la morfometría, y originado bajo la influencia primordial de las fuerzas exógenas.

Este conjunto, menos dinámico que los anteriormente descritos, lo encabeza la inclinación de la superficie del terreno, pues ella constituye un factor potencial de la magnitud del transporte de masa, entiéndase de sedimentos, suelos y cortezas de intemperismo. En ella se transforman la energía interna y la energía solar en los procesos que facilitan el intemperismo, la acumulación o el arrastre bajo la acción de la fuerza de gravedad. Así, la inclinación va a determinar el surgimiento, tipo, intensidad o expresión de los otros componentes de la esfera geográfica y de los propios procesos geomórficos.

La orientación se refiere a cualidades complementarias de las pendientes que determinan la distribución de la energía solar e influyen sobre la magnitud del intemperismo.

La determinación de los elementos geomórficos no agota la comprensión de las características geomorfológicas y su papel en la determinación del peligro geomorfológico, por cuanto sólo alcanza el plano teórico-descriptivo. Se precisa entonces de la proposición de: 1) unidades que permitan evaluar integralmente el factor geomórfico y 2) una herramienta estadístico-matemática que permita establecer el peso de cada elemento y cuantificar la dinámica geomorfológica. (Díaz, Reyes et al., inédito)

## **I.2 Base Conceptual**

Diversos autores definen a la Cuenca hidrográfica, como el área delimitada por la divisoria general de las aguas superficiales que separa físicamente un sistema fluvial de otro. Por

tanto, cualquier proceso controlado gravitacionalmente, ya sea sólido o líquido, generado dentro de su perímetro, seguirá canales conocidos o predecibles y sólo trascenderá este límite por una vía, también conocida.

La investigación aborda el peligro, por las razones siguientes: es el primer eslabón en la cadena peligro - vulnerabilidad - riesgo, el análisis del peligro satisface la hipótesis y los objetivos, el riesgo al ser estimado para las actividades e infraestructuras existentes no ofrece información de utilidad directa para futuros planes de desarrollo en el territorio a diferencia del peligro.

Las áreas prioritarias de intervención especial constituyen los espacios que por sus características geográficas (físicas y socioeconómicas) son considerados como importantes en el momento de tomar decisiones ante la ocurrencia de eventos extremos.

Los conceptos de peligro y vulnerabilidad son empleados por diversas organizaciones, bajo la óptica de la salud humana, como riesgo por ejemplo:

- ◆ Como la frecuencia esperada de efectos indeseables que aparecen por una exposición dada a un contaminante. Es un concepto matemático relacionado con la gravedad esperada y/o la frecuencia de respuestas adversas que aparecen por una exposición dada a una sustancia. (*Vulnerabilidad*)
- ◆ Como medida de peligro para la salud por la exposición a una sustancia y de la probabilidad de su ocurrencia. Puede involucrar la extrapolación cuantitativa de animales a humanos, o de altas dosis a corto plazo a bajas dosis a largo plazo.
- ◆ Como probabilidad de daño, enfermedad o muerte bajo circunstancias específicas. En términos cuantitativos, el riesgo se expresa en valores en un rango de cero (representando la certeza de que el daño no ocurrirá) a uno (representando la certeza de que el daño ocurrirá). (*Peligro*).

- ◆ Como la posibilidad (o probabilidad) de que una exposición determinada o una serie de exposiciones, puedan causar daño a la salud de los individuos sometidos a las exposiciones. (*Peligro*).

**Las itálicas son del autor.**

Como se puede constatar, estos términos, son reasignados a otros conceptos en dependencia del especialista y del área de trabajo. Un caso concreto es calificar el riesgo como probabilidad o posibilidad de ocurrencia de un fenómeno, pues esta definición para nuestros fines, es más ajustada al término de peligro o definirlo como capacidad de respuesta, puesto que en este caso se habla de vulnerabilidad, según las definiciones dadas por United Nations Disaster Relief Organisation (U.N.D.R.O). Confusión similar se produce al pretender combatir el riesgo o disminuirlo sin tomar en consideración que, en el caso de la Salud Pública, es necesario en realidad combatir la vulnerabilidad y con esto necesariamente disminuirá el riesgo.

### **I.2.1 Conceptos asociados**

Según el Diccionario de la lengua Española:

*Peligro*: contingencia inminente de que suceda algún mal. Correr peligro; estar expuesto a él.

*Vulnerabilidad*: que puede ser herido o recibir lesión, física o moralmente.

*Riesgo*: contingencia o proximidad de un daño. Correr riesgo, estar una cosa expuesta a perderse.

Como puede apreciarse las definiciones de peligro y riesgo son cercanas, lo que según el autor es uno de los factores que inciden en la confusión conceptual de ambos términos en castellano.

Desde el punto de vista de la Defensa Civil, la mayoría de las organizaciones presentan definiciones muy parecidas a la que sugiere U.N.D.R.O., donde:

Según Coburn et al. (1991):

*Peligro*: Es la probabilidad de que un área en particular sea afectada por algún elemento perturbador (inundaciones, ciclón, penetraciones marinas, contaminación).

*Vulnerabilidad*: Es la probabilidad de resultar destruido, dañado o perdido cualquier elemento estructural físico, social o económico expuesto a un peligro.

*Riesgo*: Es el grado de pérdidas previstas en vidas humanas, personas lesionadas o heridas, pérdidas materiales y perturbaciones de la actividad económica debidas a un fenómeno determinado

El peligro está presente, siempre que exista la presencia humana. Si el hombre no está presente ¿Para quién es el peligro?, no existe un peligro que implique solamente a la naturaleza, puesto que ésta posee la peculiaridad de volver a encontrar el equilibrio. La vulnerabilidad puede evaluarse, modificarse e inclusive eliminarse, y por tanto reducir el riesgo, ya que este es directamente proporcional a la vulnerabilidad, o sea:

**Riesgo = Peligro x Vulnerabilidad**

### **I.2.2 Peligro**

“Amenaza natural (Peligro Natural): es un fenómeno natural, potencialmente dañino, cuya ocurrencia e intensidad en una cierta área y en un determinado período de tiempo son inciertas. (Sismos, temporales marinos, volcanes, etc.)” (Grasses, 1986).

Según este autor la amenaza natural se origina sin la participación humana, por lo tanto son amenazas naturales, las inundaciones cíclicas en el cauce de un río donde la presencia humana es nula, o las tormentas de arena en zonas inhabitadas del desierto del Sahara, cabría preguntarse ¿Peligro natural para quién?.

Burton y Kates, 1964, citados en Calvo García-Tornel, 1984, define el riesgo (*peligro*) natural como, “aquellos elementos del medio físico o biológico nocivos para el hombre y causados por fuerzas ajenas a él”. Montero y Gonzáles coinciden en que la definición del concepto citado “privilegia los elementos físicos y biológicos en tanto le asigna al Hombre un papel pasivo, cuando en realidad es la presencia del Hombre como agente activo el que le da sentido a este concepto” (Montero y Gonzáles, 1990).

Un elemento importante en la percepción psicológica del riesgo es la "información disponible". Para la mayoría de las personas, el contacto personal con los peligros es medianamente raro, de manera que el conocimiento de ellos requiere mayor experiencia. Esto los hace más o menos vulnerables ante los peligros. Es difícil para muchos aceptar que están ante determinado peligro y en esto influye el grado de información y conocimiento que tenga la comunidad.

Las defunciones por leucemia o diabetes son menos dramáticas y no son noticias porque "el asesino" ataca individualmente, mientras las catástrofes lo hacen masivamente.

Son noticias, los cientos de muertes por el efecto de las inundaciones en Bangladesh o la destrucción causada por un intenso huracán en el Caribe. Sin embargo, la contaminación ambiental en algunas grandes ciudades densamente pobladas, producida fundamentalmente por el monóxido de carbono, enferma cientos de personas y en ocasiones las consecuencias son fatales.

La mejor información es que el evento "va a ocurrir", las cosas que suceden son fácilmente recordadas, sobre todo si es un desastre súbito y la frecuencia de reportes de ocurrencia de cualquier desastre como "peligro natural" aumenta su percepción. Pero algunos desastres

ecológicos son lentos, aparentemente no los percibimos, sin embargo en su fase terminal resultan también súbitos.

Para tener una visión más clara de lo que estamos tratando, consideramos necesario dar la definición del autor de los conceptos más importantes asociados a los desastres, concretamente hablamos de Peligro, Vulnerabilidad, y Riesgo.

El **Peligro** es la susceptibilidad que presenta un territorio ante un proceso determinado, y depende en primera instancia de las características físico - geográficas, está potenciado además por la características socio - económicas del mismo, y éstas a su vez del desastre que sea factible o se espera que ocurra.

Si definimos que el peligro es la probabilidad de que ocurra un evento específico que puede en primera instancia ser perjudicial para la calidad de vida o incluso para la integridad física de las personas en un territorio dado y en un momento determinado, entonces el peligro geomorfológico se expresa por los elementos geomórficos que condicionan que un territorio sea por sus características físico - naturales, proclive a la inestabilidad. Estos elementos son inherentes al relieve y se dividen en dos grandes grupos:

<b>ENDÓGENOS</b>	<b>EXÓGENOS</b>
Intensidad de terremotos.	Angulo de inclinación de las pendientes
Terremotos sentidos.	Disección vertical.
Categoría de los limites de bloques.	Disección horizontal.
Valores máximos. Elevamientos neotectónicos.	Dureza de la roca (resistencia al intemperismo).
Epicentros por bloques.	Orientación de las pendientes.
Longitud de los morfoalineamientos.	
Densidad de los morfoalineamientos.	
Delta máximo de los elevamientos.	

La **Vulnerabilidad** ante un evento dado es la capacidad de respuesta ante el mismo, es decir, que un objeto sea vulnerable a un evento determinado es, que sea o no propenso a sufrir daños por la acción de este; ahora bien, si se entiende como objeto cualquier objetivo social o económico, entonces la vulnerabilidad estará en dependencia de las características específicas del evento, así como del objeto cuya vulnerabilidad se desee evaluar. La

vulnerabilidad no es estática, sino un proceso dinámico en dependencia de las condiciones tanto naturales como sociales. Es evidente que no presenta la misma vulnerabilidad un edificio ante una inundación que ante un terremoto, sin embargo, para este último la vulnerabilidad no será la misma en un área rural que en una ciudad, de ahí la importancia de definir el objeto de evaluación.

Esto implica que el concepto de vulnerabilidad presenta un componente socioeconómico al igual que el peligro, debido a que en un territorio solo será posible la determinación de la vulnerabilidad y el peligro en la medida que el hombre esté presente en el mismo o haya influido en él de alguna manera, pues es para el hombre, y no para la naturaleza que cualquier evento extremo puede constituir un desastre.

**Riesgo**, es la combinación de los dos primeros. El riesgo es la capacidad de respuesta que presenta un objeto dado, enmarcado en un territorio con una susceptibilidad determinada ante un peligro específico.

Según Calderón Aragón (1995).”Considerar el desastre como evento conlleva dos errores fundamentales; el primero, es considerar que el “fenómeno natural” es el que ocasiona el desastre; y el segundo, presentar al mismo “fenómeno natural” como algo imprevisto o contingente.

La segunda estimación supone que en la naturaleza se presentan sucesos imprevistos, que ésta puede tener un comportamiento errático, donde existe la posibilidad de que las cosas sucedan o no; pero, acercarnos a las definiciones nos permite elaborar algunas conclusiones:

Fenómeno: Cosa extraordinaria o sorprendente. Toda apariencia o manifestación, así del orden material como del espiritual.

Natural: Perteneciente a la naturaleza o conforme a la calidad o propiedad de las cosas. Regular o que comúnmente sucede y por eso fácilmente creíble.



Naturaleza: Esencia y propiedad característica de cada ser. Fuerza o actividad natural como contrapropuesta a la sobrenatural o milagrosa”.

Sin embargo, no son desastres los eventos naturales. Lo que verdaderamente causa el desastre tiene que ver con la manifestación de un suceso, natural o tecnoindustrial, sobre un grupo social vulnerable.

Por lo tanto, cuando utilizamos el término fenómeno natural es en el sentido de toda manifestación que sucede de forma regular, la cual aunque pueda aparecer de forma repentina, de acuerdo a la percepción de la sociedad que afecta, es producto de los procesos periódicos de la naturaleza.

Por otro lado, considerar al fenómeno natural como el causante del desastre, es tomar igualmente la perspectiva de éste como un evento extraordinario; sin embargo, en la naturaleza nada tiene esa acepción. Lo natural sucede de manera regular, con una temporalidad cuya escala es tan variada que puede incluir desde la geológica hasta el propio ritmo de vida; y es sólo a partir de la sociedad que se puede hablar de un desastre. (Calderón – Aragón, 1995).

Esta amplia gama conceptual es el resultado de la diversidad de problemas a los que se enfrentan los especialistas en el mundo contemporáneo, no se puede tener un criterio evaluador para los desastres si la esfera de trabajo es social o económica y si es de índole físico - geográfica, pero es también un problema lingüístico. En el idioma inglés es fácilmente identificable qué es *hazard* y qué es *risk*, puesto que etimológicamente los dos términos están bien diferenciados, condición que no se cumple en el idioma español, pues desde el punto de vista lexicográfico los dos términos se usan indistintamente debido a que sus significados son muy cercanos.

En otro orden de cosas el uso de estos términos se ha generalizado por los especialistas de la Defensa Civil hace apenas unos años, con un significado diferente al que se venía usando

por los especialistas de Salud Pública desde hace mucho mayor tiempo. Esto también ha generado contradicción en el momento de aunar criterios.

Los peligros naturales son originados por procesos de elevada energía y por lo general se manifiestan en una serie de eventos concatenados. Por ejemplo: la presencia de una baja subtropical en el Golfo de México genera rachas de vientos que en ocasiones pueden ser destructivos y a su vez si la misma tiene un comportamiento estacionario entonces origina frentes de olas con períodos y frecuencias críticas para el litoral habanero ocurriendo las penetraciones del mar.

El peligro natural puede ser modificado por el hombre al transformar el territorio.

Continuando con el ejemplo anterior las penetraciones del mar incrementan su magnitud e intensidad por varias razones: la existencia del muro del malecón obstruye el retorno del agua al mar lo que favorece la acumulación de agua, la red de alcantarillas es insuficiente para evacuar el volumen de agua, y a su vez, la orientación de los emisarios submarinos así como su profundidad provoca que durante las penetraciones en éste se invierta la dirección del flujo aumentando la entrada del agua e impidiendo su evacuación.

Para la ciencia geográfica es de vital importancia la real comprensión de los conceptos antes expuestos, pues se considera que esta disciplina es la mejor preparada para abordar esta problemática desde la óptica de la Defensa Civil, pues esta estudia el espacio y las interrelaciones dentro del mismo. Establecer una cercanía conceptual en todos los especialistas que se ocupan de la temática es mucho más que una necesidad, es también un deber, una de las maneras más coherentes de enfrentar los efectos perniciosos de los desastres es teniendo un lenguaje común a la hora de abordar los mismos.

### **I.3 Métodos**

Para la realización de la investigación se utilizaron métodos geomorfológicos, estadísticos matemáticos y cartográficos; empleando una herramienta SIG como soporte de la información, análisis y resultados.

Los métodos utilizados fueron los siguientes:

### **Geomorfológicos**

- Analítico morfométrico.
- Inductivo-deductivo morfotectónico.

En esta investigación fueron empleados un conjunto clásico de métodos geomorfológicos:

- ◆ Análisis bibliográfico-temático de los materiales geológicos, tectónicos y sismológicos que sirven de base para la caracterización endógena, así como la información morfométrica que comprendió: la disección horizontal, la profundidad de disección, y el ángulo de la pendiente.
- ◆ Interpretación geomorfológica de las fotografías aéreas a escala 1:62 000 y 1:37 500 y mapas topográficos a escala 1:50 000 y 1:100 000.
- ◆ Métodos morfoestructurales: Análisis de las superficies geomorfológicas y de los sistemas orográficos locales.
- ◆ Método correlativo de la distribución e intensidad de terremotos con los elementos morfoestructurales.
- ◆ Método de Observación de Campo.

### **Estadísticos - Matemáticos**

- Componentes principales.
- Cluster.
- Histograma de frecuencia.

Dentro de los métodos estadísticos - matemático, se utilizó el análisis factorial, el de Componentes principales, Análisis de Cluster e Histogramas de frecuencia para determinar la representatividad de las variables cualitativas y cuantitativas que caracterizan las unidades morfotectónicas, su clasificación y seleccionar los grupos de individuos. Todo ello se realizó con ayuda del programa Statistic.

## **Cartográficos – cibernéticos**

- Aplicación de un Sistema de Información Geográfica.

Para facilitar el análisis complejo de la información, se contó con una base cartográfica más precisa y se creó una base de datos georeferenciada mediante el empleo de los software comerciales AtlasGIS®. MapInfo® y ArcView®, todos sobre soporte operativo Windows.

Como es conocido, la piedra angular de cualquier SIG. es, sin dudas, la obtención y captura de la base de datos, ya sea alfanumérica o espacial. En el caso de la base de datos alfanumérica ésta fue capturada en una tableta digitalizadora tipo Sumagraphics® de 16 botones, tomando como mapas fuentes las hojas topográficas a escala 1: 50 000.

Esta información espacial fue procesada con antecedencia a partir de fotografías aéreas y métodos geomorfológicos clásicos, y posteriormente pasada a formato digital después de una etapa de ponderación y discretización. De esta manera se elaboró un mapa base que contenía todas las capas necesarias para el análisis y posterior culminación del trabajo. Puesto que la unidad básica geomorfológica era el bloque, las capas digitalizadas estaban en función de esta unidad básica. Todo el análisis posterior se realizó partiendo siempre de la misma unidad.

En el caso de la base de datos alfanumérica, fue capturada de distintos formatos en dependencia de las fuentes de obtención. Una parte de esta base existía en formato analógico, otra en formato digital se encontraba en su gran mayoría en forma de textos o de tablas, siendo los software más recurridos Microsoft Word® y Microsoft Excel®. Además el análisis estadístico que generó nueva información de tipo alfanumérica en otro formato digital. Toda esta información fue convertida a formato Dbase®, por ser el formato de intercambio en que mejor interactúan los sistemas de información geográfica utilizados.

Toda la información alfanumérica introducida en el sistema fue identificada con la información espacial existente en el mismo, mediante el empadronamiento de columnas

que el sistema da como valores por defecto en la base de datos espacial digitalizada y columnas de la base de datos alfanumérica estandarizada con ese propósito.

#### **I.4 Procedimientos analíticos**

El origen y evolución del relieve es el resultado de la interacción dialéctica de la tectogénesis y de la morfogénesis en condiciones geotectónicas y morfoclimáticas determinadas. A partir de este enfoque y con un carácter solamente metodológico, se separan ambas componentes.

En el presente trabajo se define una unidad concreta en el espacio y variable en el tiempo, la que puede ser objeto del análisis ambiental. Además, se aporta un procedimiento para el tratamiento de la información.

El análisis morfotectónico regional se realizó para todo el Mesobloque de Trinidad, de aquí que la determinación y diferenciación de los bloques morfotectónicos en la Cuenca sean las mismas que se definieron en aquel.

El bloque morfotectónico resulta la unidad más integradora de las condiciones endógenas y exógenas formadoras del relieve, sus límites son precisos y objetivos y de él dependen diferentes características geomórficas. Además son movibles, reflejan su dinámica mediante los movimientos tectónicos verticales lentos, a sus gradientes y deltas máximos, así como al valor total de los movimientos neotectónicos. Esto a su vez lleva a la actuación o aceleración de los procesos exógenos.

El procedimiento para analizar y evaluar la dinámica endógena en función de su papel como fuente de inestabilidad, incluyó 5 etapas: Selección de los elementos y atributos, Caracterización morfotectónica, Clasificación, Cuantificación de la dinámica y Tipologización.

La Cuantificación y la Tipología, como últimas etapas de este procedimiento, se realizaron sobre la base de los elementos semicuantitativos y cuantitativos mediante el uso de las técnicas estadísticas mencionadas con elementos de ponderación y clasificación.

Las variables cualitativas seleccionadas fueron: epicentros e intensidad por bloque, terremotos sentidos por bloque y categoría del límite morfotectónico. Las variables cuantitativas seleccionadas fueron: delta máximo de los movimientos neotectónicos, amplitud de los mismos movimientos, longitud de los morfoalineamientos y su densidad.

El procedimiento diseñado para la caracterización exógena fue similar al realizado en la investigación endógena, lógicamente se diferencia de este último por las variables empleadas, así se tienen 4 etapas: Selección de los elementos y atributos, Caracterización morfométrica, Clasificación, Cuantificación de la dinámica exógena y Tipologización.

Selección de las variables para la caracterización exógena:

Variables cualitativas: orientación de la pendiente y tipo morfolitológico.

Variables cuantitativas: disección vertical, ángulo de la pendiente, disección horizontal, y energía del relieve. Las dos últimas fueron desechadas por su baja significación a partir del análisis factorial.

El método matemático-estadístico fue común para ambos casos, este comprendió las etapas siguientes:

- Preparación de la matriz observacional.
- Calculo de la matriz estandarizada.
- Análisis de Cluster.
- Análisis factorial.
- Histograma de frecuencia.

Finalmente se obtuvo el mapa de peligro geomórfico, a partir de la dinámica endógena y exógena.

## **Capítulo II**

### **Caracterización hidroclimática y geomorfológica**

Todo espacio geográfico presenta peculiaridades inherentes solo a él, en el caso de los territorios montañosos estas se acentúan por la componente altitudinal. A continuación y partiendo de estas peculiaridades se dará una descripción geológica, hidrológica y geomorfológica de la cuenca.

#### **II.1 Características geológicas**

En el territorio, afloran diferentes complejos litológicos que corresponden a diferentes ambientes geotectónicos. Así tenemos el denominado complejo metamórfico o Macizo Escambray, cuyos protolitos corresponden esencialmente a un margen continental pasivo, el complejo anfibolítico Mabujina, el complejo vulcanógeno sedimentario del arco Cretácico y el complejo de granitoides Manicaragua. Los tres últimos corresponden al ambiente geotectónico de un arco volcánico, con su fundamento de carácter ofiolítico. Finalmente tenemos la cobertura sedimentaria constituida por acumulaciones jóvenes, depositadas transgresivamente sobre los complejos anteriores.

##### **Complejo Escambray**

Está constituido principalmente por secuencias jurásicas y cretácicas depositadas en gran medida en un margen continental pasivo. Las secuencias del Jurásico inferior hasta la parte basal del Jurásico superior, son de carácter terrígeno con intercalaciones de calizas, silicitas y rocas volcánicas básicas, que ocasionalmente forman cuerpos de hasta decenas de metros de espesor.

Las rocas del Jurásico superior hasta la parte baja del Cretácico inferior son esencialmente carbonáticas, mientras que la parte superior del corte hasta el Cretácico superior tiene un protolito heterogéneo, destacándose rocas calcáreas, silicitas, arcillosas, terrígenas y vulcanitas básicas que forman cuerpos potentes en algunas partes del corte. Estas secuencias aparecen formando nappes y escamas tectónicas de distintos órdenes y

generaciones, con diferencias en las características de corte rocoso en las unidades de nappes principales (Millan y Somin, 1985 a, b), (Millan, 1990, 1992 a).

Dentro de este Macizo afloran pequeños cuerpos de serpentinitas antigoríticas, metagabros y metadiabasas, a veces íntimamente asociados, que sugieren fragmentos de ofiolitas metamorfizadas junto con las rocas de caja, limitando diferentes mantos tectónicos y escamas, destacándose incluso melanges serpentiniticos en algunos casos.

Un cuerpo de mayores dimensiones cuyo protolito es principalmente un basalto toleítico, fue convertido en anfibolitas de alta presión (Fm. Yayabo). Estas rocas también pueden ser de carácter intraformacional, formando cuerpos emplazados dentro de formaciones jurásicas y cretácicas, tanto en las metamorfizadas en condiciones de alta presión, como en la facie de los esquistos verdes (Millán, 1992 a).

Las secuencias del Escambray se destacan por los efectos de dos eventos metamórficos, el primero corresponde a un metamorfismo de alta presión que afectó gran parte de las rocas jurásicas y diferentes cuerpos ofiolíticos. El segundo evento, más tardío, con la facie de los esquistos verdes metamorfizando las cretácicas, parte de las jurásicas, así como otros cuerpos ofiolíticos. Este último diafloreizó parcialmente a las rocas metamorfizadas en condiciones de alta presión. La zonación metamórfica establecida tanto en uno como en otro evento, manifiesta una disposición invertida con respecto a la estructura antifórmica del Macizo (Millán, 1992 a).

Las rocas del Escambray fueron afectadas por diferentes etapas de plegamiento durante su metamorfismo hasta 5 ó 6 fases, la fase más antigua tiene tendencia transversal destacándose pliegues de estilo similar hasta isoclinales, que pueden alcanzar centenares de metros y se asocian con una esquistosidad metamórfica.

La segunda fase de plegamiento es la más importante, relacionándose con pliegues similares hasta isoclinales, que alcanzan centenas de metros y varios kilómetros. Posee una esquistosidad metamórfica y una alineación tectónica orientada hacia el Noroeste,



manifiesta en casi todos los cortes del Macizo. Durante esta etapa se conformaron las dos megaestructuras antifórmicas que jugaron el papel principal en la conformación final del macizo (Millán, 1990).

#### Complejo Anfibolítico Mabujina.

Yace en la parte baja o base del arco volcánico Cretácico. Está constituido en la mayoría de sus cortes por ortoanfibolitas típicas, muchas veces esquistosas o bandeadas, otras veces aparecen poco afectadas por la esquistosidad y contienen restos de estructuras y minerales magmáticos.

En algunos cortes se destacan microneiss a veces cuarcíferos granatíferos y otras veces enriquecidos en feldespatos potásicos, con contenidos de álcalis superiores a 8%. Estos últimos aparecen relacionados con importantes anomalías potásicas. Se destacan cuerpos de piroxenitas horblendizadas muy densas, metagabros con diferentes grados de elaboración metamórfica. También contiene cuerpos de granitoides, algunos de los cuales fueron convertidos en gneisses foliados y plegados, ricos en granates. El protolito está compuesto por representantes de la parte baja de las secuencias volcánicas Cretácicas del arco volcánico, así como por representantes de su basamento ofiolítico (Haydoutov et al., 1989, Millán 1992 b, Millán en prensa).

Dentro de este complejo y en la localidad de Loma Venturilla, al Sureste de Manicaragua, aparecen pequeños cuerpos de pegmatitas descubiertos en trincheras durante los trabajos geológicos ejecutados por especialistas checos y cubanos.

Esta localidad comprende a un grupo de vetas formadas por pegmatitas subgráficas oligoclásico-microclínicas, que cortan a las anfibolitas de la serie Mabujina con un rumbo sublatitudinal.

Esta veta se caracteriza por una ligera diferenciación y una estructura interna no clara, su grano es grueso a medio y su posición mineralógica está representada fundamentalmente

por oligoclasas (20%), microclina (40-50%), moscovita y biotita, cerisitizada. Como minerales accesorios aparecen magnetita, granate, zircón, apatito, pirita y monacita (Sukar, 1983).

En la parte norte del complejo Mabujina y considerada también como parte de éste, existe la llamada formación Porvenir. Esta se compone de una faja de rocas volcánicas metamorfizadas en condiciones de los esquistos verdes, que por su composición parece tener un carácter bimodal, destacándose intercalaciones de metabasaltos con metavulcanitas ácidas (Millán y Somin 1985a, Dublan, et al. 1986, Millán en prensa). El complejo Mabujina rodea tectónicamente al complejo Escambray.

#### Complejo Vulcanógeno Cretácico.

Las secuencias del arco volcánico Cretácico, sobreyacen estructuralmente al complejo Mabujina y se exponen más al Norte. Están constituidas por diferentes formaciones litoestratigráficas que abarcan desde el Neocomiano hasta el Campaniano.

Las rocas del complejo vulcanógeno, se encuentran cortadas por varios intrusivos en la parte sur, conocidos como granitoides Manicaragua. Los contactos entre ambos complejos son intrusivos y tectónicos y estos complejos se cubren por depósitos terrígenos y terrígenos carbonatados, que se disponen con discordancia angular (Lilavatti, I., Díaz de Villalvilla, 1988).

#### Complejo de Granitoides Manicaragua.

Son los granitoides más desarrollados entre los intrusivos ácidos y medios de la región Villareña. Ellos se desarrollan formando una franja estrecha al Norte, Este y Oeste del Escambray, con una dirección principal este-oeste hasta oestenoeste - estsureste.

De acuerdo con los rasgos geológicos-petroquímicos y datos radiométricos, se establecen entre los granitoides de Manicaragua dos formaciones granitoidicas: gabro-plagiogranítica y granodiorita-granítica, que se corresponden con los diferentes estadios del desarrollo del arco volcánico Cretácico de Cuba (Sukar, 1991).

Cobertura sedimentaria.

Está representada por los depósitos que abarcan desde el Maestrichtiano hasta el Neógeno-Cuaternario. Dentro de los mismos se destacan algunas formaciones que aparecen dentro de nuestra región, las cuales son:

- Fm. Las Cuevas: Representadas por calizas organógenas hasta arrecifales y calizas organodetríticas, más raramente en la parte sur del área por calizas margosas.
- Fm. Lagunitas (Oligo-Mioceno): Yace transgresivamente sobre la Fm. Las Cuevas, cuyos sedimentos rellenaron las rugosidades de la superficie (valles, fracturas, grietas y cavernas). En ocasiones este material está formado por conglomerados polimícticos hasta areniscas polimícticas más o menos arcillosas.
- Fm. Vedado (Plio-Pleistoceno): Constituida por calizas organodetríticas y organógenas, calcarenitas densas, a veces aporcelanadas.
- Fm. Arroyo Palmas: Formada por margas, calizas biógenas arcillosas y calizas arenosas.
- Fm. Condado (Eoceno-Oligoceno): Constituida por conglomerados, areniscas, aleurolitas y margas.
- Fm. Meyer (Eoceno inferior): Representada por brechas, conglomerados, areniscas, calizas y margas.
- Fm. Vaquería (K-maestrichtiano): Formada por calizas, margas, brecha-conglomerados y tobas.

En la Cuenca de estudio están presentes varios Grupos y Formaciones litológicas, con distinto grado de dureza y por ende con diferente grado de intemperismo. Estas son:

**Fm. San Juan:** Mayoría de secuencias calcáreas metamorfizadas. Mármoles de color gris oscuro a negro, a veces rico en grafito disperso o concentrado con un rango de edad entre el Oxfordiano y la parte baja del Cretácico. Generalmente bien estratificados, las secciones estratigráficas superiores a menudo contienen capillas o lentecillos de cuarcita apopedernálica y parecen haber sido depositadas en condiciones pelágicas. El relieve esculpido en las secuencias de mármol, forma mogotes típicos. Constituido por calizas cristalinas, calizas marmorizadas, mármoles y esquistos carbonatados. Una dureza muy alta.

**Fm. Naranjo:** Secuencias metaterrígenas, esquistos cristalinos, secuencia de apoareniscas cuarcíferas con una clara estratificación rítmica relíctica. Su recristalización es incompleta, y la esquistosidad, imperfecta en las fracciones de grano grueso. Las fracciones de grano fino manifiestan una esquistosidad más perfecta, con la matriz arcillosa convertida en sericita. Los cortes aparecen generalmente muy meteorizados. Presenta una dureza media.

**Fm. Chispa:** Está compuesta por una sucesión de esquistos metaterrígenos micáceos (cuarzo moscovíticos a veces ricos en grafito), con intercalaciones de cuarcitas metasilícicas y esquistos metasilícicos micáceos, esquistos verdes metavulcanógenos con lawsonita y mármoles o esquistos calcáreos. Esta formación contacta en algunos lugares de ambas cúpulas con mármoles negros que pueden corresponder al Grupo San Juan; éstos parecen ser de carácter tectónico, al menos en parte. Presenta muy baja dureza.

**Fm. Cobrito:** Es una sucesión de esquistos calcáreos y mármoles esquistosos o foliados, estratificados finamente en forma rítmica o flyschoidica. En su composición predomina la calcita, con micas blancas, grafito cuarzo y albita en cantidades variables. Son frecuentes las fracciones brechosas compuestas por fragmentos de mármol negro gráfítico. En algunas porciones del corte se destacan paquetes de esquistos pizarrosos grafito silíceo calcáreo o de mármoles de tonos claros no gráfíticos lo que condiciona que dicha Formación posea una baja dureza.

**Fm. Algarrobo:** Son esquistos cristalinos poliminerales, a menudo calcáreos, cuya naturaleza de su protolito se desconoce. Está caracterizado por las rocas con mayor grado de metamorfismo regional de alta presión que afloran en la periferia de la estructura, aunque más expuesta en su porción oriental.

## **II.2 Características geomorfológicas**

El Sistema Montañoso Guamuhaya es una región montañosa surgida durante la última orogenia, situada al sur de la porción central de Cuba. Limita al Norte con las alturas de Santa Clara, al Este y al Oeste con los valles de los ríos Zaza y Arimao respectivamente y al sur con el Mar Caribe. Ocupa una superficie de 1948 Km<sup>2</sup> (aproximadamente el 11 % del área montañosa de Cuba) y posee alturas promedio entre los 700 y 900 m snmm, con algunas cotas que sobrepasan los 1000 m, entre las que se destaca el Pico San Juan (1139 m snmm), como punto culminante del macizo.

La configuración de cúpula-bloque del sistema montañoso de Guamuhaya se ha desarrollado en la etapa neotectónica, sobre el basamento plegado de los complejos jurásicos metaterrígenos y metacarbonatados. El ascenso neotectónico del sistema se refleja directamente en el relieve a través de la disposición aproximadamente concéntrica de las superficies de nivelación y los pisos altitudinales, el diseño de la red fluvial, la edad del relieve, la disposición de las escarpas tectónicas que lo limitan y otros indicadores. Su complicada estructura antigua, se refleja de forma pasiva en el relieve a modo de casquetes tectónicos monoclinales carbonatados y montañas blindadas, que se corresponden con algunos mantos de sobrecorrimiento.

El relieve de Guamuhaya responde directamente a la litología y a las características estructurales del sistema montañoso. Sobre los esquistos metamórficos, la red de drenaje se encaja profundamente, formando cadenas de montañas y premontañas de crestas agudas y pendientes abruptas, con procesos erosivos y erosivo - denudativos muy intensos, con frecuencia asociados a fenómenos gravitacionales; aquí los valles son estrechos y forman pequeñas llanuras aluviales, de fondo plano y en general diseccionadas.

Guamuhaya la conforman dos unidades las Montañas de Trinidad y las de Sancti Spíritus, las que se encuentran separadas por la depresión del río Agabama que es un bloque tectónico hundido y dividido también en dos unidades, el extremo meridional de la depresión del río Agabama, está cerrado por una cadena de alturas bajas de rocas carbonatadas una de ellas al sur, formada por una serie de terrazas planas erosivas y acumulativas y la otra al norte, constituida por alturas y premontaña (Mapa 1).

Guamuhaya es un sistema montañoso de altura media, muy diseccionado, donde predomina un relieve considerado entre complejo a muy complejo, de pendiente promedio superior a  $18^\circ$  y valores de desmembramiento de la red de drenaje mayores de  $2 \text{ km/km}^2$  para la disección horizontal y de unos 300 m para la disección vertical.

En el centro de las Montañas de Trinidad, se localizan las montañas bajas de 800 a 1000 m snmm, formadas por esquistos (Topes de Collantes) y las de 900 a 1200 m, de calizas carsificadas (Pico San Juan). Rodeando estas unidades mayores, se presentan montañas pequeñas de 500 a 800 m, constituidas por esquistos, gneisses, calizas carsificadas o anfíbolitas..

La Cuenca de estudio presenta una altura máxima de 1021 m con alturas por encima de los 800 m como son : La Loma Guaniquical de 851 m ubicada en la parte media de la misma, alturas superiores se localizan en los límites periféricos, que van desde los 864 m al noroccidente hasta los 902 m en la parte sur. La altura mínima es del orden de los 57 m y se caracteriza además por una disección horizontal que va desde los  $0,79 \text{ Km/Km}^2$  hasta los  $2,05 \text{ Km/Km}^2$  y una disección vertical del orden de 280 a 680 m, apreciándose que ambas por lo general superan la media del sistema montañoso.

El elevado grado de complejidad del relieve y los altos valores morfométricos que caracterizan a la cuenca, restringen la vocación del territorio fundamentalmente al uso forestal y a la economía cafetalera; en muchos casos con la aplicación de medidas antierosivas.

La cuenca posee una amplia distribución del curso, elemento que se caracteriza por su función hidrológica, siendo común su efecto en el control de las avenidas al favorecer la infiltración, sin embargo, en el valle del Río Jibacoa éste provoca frecuentes inundaciones debido a que el desagüe de la misma está controlado por ponores cuyas capacidades de descarga en ocasiones son inferiores a la lámina de escorrentía, fenómeno que se agrava cuando estos conductos se obstruyen.

Las modificaciones más frecuentes al relieve se vinculan principalmente con los procesos exógenos degradantes como la denudación, la erosión, los procesos gravitacionales, entre otros; que resultan acelerados o propiciados en algunas áreas por la existencia de acciones humanas como la deforestación, las obras ingenieriles, etc. En la actualidad se puede afirmar que la misma se encuentra afectada por diferentes grados de erosión que en muchas ocasiones generan pedregosidad en los suelos.

A estos procesos favorecidos por las peculiaridades geomorfológicas y litológicas, no sólo se vincula la pérdida física de los suelos, sino también otros efectos degradantes de carácter indirecto. Ejemplo de esto es el traslado de sustancias contaminantes hacia las regiones bajas, donde se incrementan los flujos superficiales de sustancias químicas, derivadas en algunos casos de las labores en el cultivo del café en áreas de pendientes significativas. Ello a su vez ha repercutido en la notable reducción de especies acuáticas típicas, en las corrientes permanentes. Por otra parte, el incremento de los procesos erosivos acrecienta la sedimentación en el vaso del embalse, lo que incide en la disminución de la vida útil de esta obra hidrotécnica, la que fue concebida como fuente generadora de electricidad y abasto de agua a la población, la industria y la agricultura.

### **II.3 Características climáticas**

El tipo climático que caracteriza al territorio es el montañoso con humedecimiento alto y estable, baja evaporación y temperaturas frescas (Díaz, 1989).

Para profundizar en la descripción de los parámetros climáticos del tercio superior de la cuenca se utilizan los datos de la estación meteorológica Topes de Collantes, la cual tiene una información exhaustiva de las variables, que es complementada en cuanto a la lluvia con la información de 4 pluviómetros.

Durante el año se reportan como promedio 80 días con turbonadas, cuando las rachas de vientos pueden ser superiores a los 25 m/s, aunque por lo general no exceden los 15 m/s, con precipitaciones de corta duración que fluctúan entre 50 y 80 mm.

La distribución espacial de las precipitaciones sigue el patrón altitudinal estimándose para las áreas de menor altura una lámina media anual de 1400 mm mientras hacia los territorios elevados se incrementa y superan los 2000. Similar comportamiento tiene la lámina media de Junio, mes con mayor acumulado histórico, correspondiendo a los territorios bajos y altos valores de 250 y 400 respectivamente. Los aguaceros típicos de la cuenca son de origen orográfico, provocando lluvias de gran intensidad (mayores de 2 mm por minuto), lo cual ha sido importante en los procesos erosivos y de mineralización de las aguas.

La temperatura varía espacialmente como resultado del efecto de la altitud. En los territorios más elevados las medias anual, mínima y máxima son del orden de los 21.0; 16.3 y 25.0 °C, respectivamente; mientras a las zonas más bajas les corresponden en igual orden 25.5; 21.5 y 30.8.

La evaporación total se hace significativa en los meses de marzo a agosto, oscilando entre 213 y 164 mm, y la radiación solar alcanza valores promedios diarios anuales de 15.6 MJ/m<sup>2</sup> (Hernández, 1998 inédito). Potencialmente las superficies con orientación meridional, reciben los máximos valores de radiación solar sumaria. Mientras que los mínimos se registran en laderas de exposición septentrional. Todo esto, junto a la alternancia del régimen de humedecimiento, crean un medio favorable para el desarrollo del intemperismo.

#### **II.4 Hidrología:**



Las aguas de escorrentía de Guamuhaya drenan con excepción del flanco sur hacia los ríos Arimao, Agabama y Zaza, y todos vierten en la plataforma marina meridional de Cuba, por localizarse éste sistema montañoso al Sur de las Alturas de Santa Clara, accidente geográfico en el que se encuentra el parte agua principal de la región central de Cuba.

La cuenca objeto de estudio tributa al río Agabama, el cual separa las Montañas de Trinidad y Sancti Spíritus formando entre ambas un estrecho valle que se ensancha hasta 10 km en el plano aluvial.

Los afluentes que nacen en las Montañas de Trinidad drenan la parte oriental del flanco norte y toda su vertiente este, mientras los de las Montañas de Sancti Spíritus lo hacen en las vertientes norte y oeste. Los principales tributarios son los ríos Jibacoa, Caburní y Seibabo de las Montañas de Trinidad y Caracusey y Unimazo de las Montañas de Sancti Spíritus.

Los afluentes del río Arimao que nacen en las Montañas de Trinidad fluyen por el sector occidental de la vertiente norte y por toda la vertiente occidental. Entre los afluentes de importancia por el área de sus cuencas, se encuentran los ríos Hanabanilla y Matagua.

La red de drenaje de la cuenca, se distribuye en forma radial, lo que está determinado por la morfoestructura montañoso de cúpula-bloque, antiforme, donde muchos de los cursos fluviales corren por las líneas de fallas (Mapa de 1). Otro rasgo es la presencia de saltos como el Caburní, lo que evidencia la juventud del relieve. El río Jibacoa tiene 49, 11 km hasta su entronque con el río Ay, y posee un gasto medio anual de 6,51 m<sup>3</sup>/s y una diferencia de altura de 720 m. El valle de dicho río presenta una altura media sobre el nivel del mar de 343 m, un largo de 8 km y un ancho de 0,5 km con unos suelos aluviales aptos para el cultivo y algunas áreas con vegetación secundaria. Los tributarios más importantes del Jibacoa son El Arroyo Pretiles con 7,08 km. El Arroyo Palo Viejo con 3, 48 km. y el río Caburní con 10, 80 km.

Los ríos poseen en su tercio superior una lámina media de escurrimiento fluvial anual entre

1000 y 1200 mm en las Montañas de Trinidad y entre 600 y 800 en las Montañas de Sancti Spíritus, la cual va disminuyendo con la altura alcanzando los mínimos valores en los tercios inferiores de las cuencas (400-600 mm) (Karasik, 1989a). Dada la presencia del kárst muchos de estos ríos tienen componente subterránea en su escurrimiento fluvial, la que representa en las partes de mayor altitud de las Montañas de Guamuhaya el 33% del mismo, debilitándose su aporte con la disminución de la altitud (16,6%) por la disminución de los manantiales y el predominio de la componente superficial del escurrimiento fluvial (Rodríguez, 1989).

El régimen hidrológico se caracteriza por su temporalidad, dada la estacionalidad de las lluvias. No obstante los abundantes ríos con drenaje permanente, debido al desarrollo kárstico en el tercio superior de las cuencas y la cobertura boscosa relativamente densa que predomina en estas montañas, actúan como agentes reguladores del escurrimiento. Además, la red hidrográfica en las áreas no cársticas está conformada por un conjunto de ríos y arroyos que en su mayoría tienen un carácter permanente, sobresaliendo entre ellos el Hondo, Guanayara, San Juan y Cabagán.

La densidad de la red de drenaje posee una distribución diferencial. En la vertiente sur de las Montañas de Trinidad se localizan las cuencas con mayor densidad ( $> 2,5 \text{ km/km}^2$ ); hacia el Oeste disminuyen hasta  $1,50 \text{ km/km}^2$ . En el resto del macizo, la densidad oscila entre  $1,00$  y  $1,50 \text{ km/km}^2$ , con excepción de las partes más elevadas de la vertiente oriental y las cuencas meridionales de las Montañas de Sancti Spíritus, donde los valores varían entre  $1,50$  y  $2,00 \text{ km/km}^2$ , así como en el plano de inundación y primera terraza del tercio inferior del río Agabama, que fluctúan entre  $0,25$  y  $0,50 \text{ km/km}^2$  (Batista, 1989).

La cuenca del Jibacoa tiene un área de  $394,07 \text{ km}^2$  con una longitud total de sus corrientes superficiales de  $420,42 \text{ km}$  y una densidad de drenaje superficial de  $1,07 \text{ km/km}^2$ .

Pese al predominio de la cobertura boscosa y la presencia del kárst, el módulo de escurrimiento sólido, está entre los más elevados del país y se localiza en los territorios de mayor altitud de las Montañas de Trinidad ( $300\text{-}400 \text{ t/km}^2$  media anual) y Sancti Spíritus

(200-300 t/km<sup>2</sup>) disminuyendo con la altitud hasta 50 t/km<sup>2</sup> como promedio anual (Karasik, 1989 b). Este fenómeno pudiera estar condicionado por la presencia de potentes cortezas de intemperismo y suelos, que conjuntamente con el fracturamiento de las rocas originado por la neotectónica, son fuentes de aporte de materiales a los procesos gravitacionales, coluviales y deluviales, y por el predominio de pendientes fuertes, la elevada disección horizontal y vertical, así como las modificaciones antrópicas tales como: carreteras, terraplenes, la explotación con cultivos temporales y anuales, entre otras, que catalizan estos procesos.

Algunos valles de ríos en las Montañas de Trinidad, presentan características kársticas y sus aguas drenan hacia sumideros, como en los casos de las cuencas Boquerones y Jibacoa, las que conforman un sistema de drenaje integrado superficial-subterráneo (fluvio-kárstico). El escurrimiento hacia el curso inferior del río Jibacoa depende de la capacidad de evacuación del sumidero de la polja (caverna de Las Trancas) y de la magnitud del aporte de sedimentos y materia vegetal procedente del territorio extrakárstico, los que pueden obstruir o sellar los conductos de drenaje subterráneo y limitar la capacidad de descarga de las aguas de avenidas durante la ocurrencia de lluvias intensas. Pueden a su vez originar inundaciones fluviales, máxime bajo las condiciones de fuertes pendientes de los cauces y las características morfométricas de estas cuencas, como sucedió durante el paso del huracán Lily los días 17 y 18 de octubre de 1996, cuando los procesos erosivo-acumulativos produjeron modificaciones morfométricas en las cabeceras, bordes y cauces de las formas erosivas de órdenes inferiores y en los sistemas de terrazas bajas, planos de inundación y cauces de los valles de órdenes superiores. Los grandes volúmenes de sedimentos y materiales, favorecieron los fenómenos de inundación por la obstrucción de los conductos del drenaje subterráneo en los valles ciegos y poljas (Centro Cubano, valle Jibacoa y otras depresiones). Esta inundación duró 17 días (Martínez, et al., inédito).

## **II.5 Recursos hídricos**

El potencial de recursos hídricos de las Montañas de Guamuhaya supera los 900 millones de m<sup>3</sup> de agua anuales; de ellos alrededor de 600 millones se localizan en ríos no regulados por embalses, el resto se encuentra en acuíferos y 3 embalses. En estos últimos las

capacidades máximas de almacenamiento están distribuidas en: 292 millones del embalse Hanabanilla, 8.5 millones de la presa Valle Blanco y 2 millones de la presa Jibacoa.

En total se destinan 3,1 millones de m<sup>3</sup> de agua para el consumo de gran parte de la población residente en las tres provincias presentes (Sancti Spiritus, Cienfuegos y Villa Clara).

La forma de distribución, y por consiguiente de utilización de estos recursos hídricos, es típica de los territorios montañosos, en la mayoría de los asentamientos el agua se toma de tanques, abastecidos por tuberías que captan las aguas de las surgencias o manantiales.

Del total de asentamientos 41 tienen acueductos y de ellos 16 son microacueductos sin control por parte del organismo rector de esta actividad. De la población residente un 58,8 % recibe los beneficios del abasto de agua mediante este tipo de distribución o por tuberías. El resto consume agua directamente por extracción en pozos y ríos.

Los principales problemas que afectan la calidad del agua son provocados por los residuales de diversos tipos que se vierten a ríos y arroyos, destacándose como las fuentes contaminantes principales: las despulpadoras de café y los asentamientos poblacionales.

El incremento del turismo y el desarrollo acelerado en el fomento del café han creado focos de contaminación de importancia en las márgenes de la presa Hanabanilla, la cual es la fuente de abasto de las ciudades cabeceras provinciales de Cienfuegos y Villa Clara.

El embalse Hanabanilla, fue construido entre 1956 y 1962 al represarse los ríos Hanabanilla, Negro y Guanayara, que al unirse forman el Jibacoa, a su vez afluente del Agabama. Estas corrientes fueron unidas por retroceso de cabeceras y artificialmente pasaron a formar parte de la cuenca del embalse.

Esta presa cumple una triple función: generación de electricidad, abastecimiento de agua a la población, agricultura e industria y regulación de las avenidas fluviales. Dada su importancia se ofrecen algunas características de éste embalse (Sánchez 1979, inédito)

- Entrega anualmente 60 millones de m.<sup>3</sup>
- Abastece de agua a las ciudades de Santa Clara, Cienfuegos y Cumanayagua. Otras funciones son la generación de energía eléctrica, el riego, el turismo, la navegación fluvial y la pesca
- Formación: fueron represados los ríos Hanabanilla y Jibacoa, afluentes de los ríos Arimao y Agabama, respectivamente. Finalmente se unieron ambos cierres mediante un canal artificial a través de la divisoria de estas cuencas
- Altura media: 635 m sobre el nivel del mar
- Área: 191,6 Km.<sup>2</sup>
- Largo máximo: 17,8 Km
- Ancho máximo: 1,0 Km
- Área: 18,8 Km.<sup>2</sup>
- Volumen: 292 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>
- Profundidad máxima: 43 m
- Profundidad media: 15,53 m
- Línea de borde: 75 m
- Temperatura media anual: 23,5° C
- Las aguas son bicarbonatadas cálcicas
- Las fuentes fundamentales de los iones predominantes en las aguas del embalse son provenientes de la formación Naranjo; y del grupo San Juan.

## II.6 Transformaciones del relieve por eventos hidrometeorológicos

Los eventos hidrometeorológicos producen alteraciones en el relieve como resultado de fuertes procesos de transformación. Los efectos más notables de estos procesos son el incremento de la erosión de los suelos y de las cortezas minerales, las inundaciones locales en los territorios cársicos con alimentación fluvial, la destrucción o modificación local de la red vial (carreteras y caminos) y diversas afectaciones a causa de cambios generados en

vertientes y fondo de los valles, (bosques, cultivos agrícolas, viveros, asentamientos humanos y otras).

La magnitud de los efectos está condicionada por el uso y manejo inadecuados de las cuencas hidrográficas, el desconocimiento de la estructura y funcionamiento del relieve cársico en interacción con los relieves erosivos y en la inexistencia de un esquema efectivo de protección; así como por los problemas de diseño de las obras ingenieras de drenaje y protección, de carreteras y caminos y en especial, la insuficiencia de las acciones ingenieras imprescindibles en los valles fluvio - kársticos y en otras depresiones del kárst.

Los procesos erosivo-acumulativos acelerados por estos fenómenos hidrometeorológicos, producen modificaciones morfométricas en las cabeceras, bordes y cauces de las formas erosivas de órdenes inferiores y en los sistemas de terrazas bajas, planos de inundación y cauces de los valles de órdenes superiores. También surgen en determinadas superficies, formas erosivas de tipo surco y cárcava, tanto en pendientes seminaturales, como en taludes artificiales. Estas transformaciones favorecen los fenómenos de inundación por la obstrucción de los conductos del drenaje subterráneo en los valles ciegos y poljas, así como la destrucción o alteración local de carreteras y caminos, tanto por la erosión de cauce como por el retroceso de las cabezadas y bordes de cañadas y cárcavas durante las olas de crecida.

En el período comprendido entre octubre de 1984 y octubre de 1985, el entonces Instituto de Geografía instaló la estación Topes de Collantes para la medición de procesos de erosión contemporánea.

Las mediciones revelaron un incremento del ancho de las cárcavas de 13 cm/año y de 26 cm/año en sus cabeceras remontantes. Las mediciones del mes de Octubre del año 1985, realizadas antes y después del evento ciclónico "Kate", con lluvias intensas de hasta 160 mm diarios revelaron incrementos de 2 cm/día y 5 cm/día en bordes y cabeceras respectivamente. Estos datos son extrapolables a los territorios de relieve erosivo-

denudativo, en formas erosivas que desmembran bordes similares a los que se encuentran en la superficie de planación de El Sanatorio, repoblados de pinos y eucaliptos y con pendiente media de 3° a 5°, cuyo substrato está formado por esquistos de las formaciones Chispa y La Llamagua.

Los cambios en el relieve debido a la ocurrencia de procesos gravitacionales se expresan respectivamente en forma de derrumbes y desprendimientos de rocas, corteza y suelos en litologías predominantemente carbonatadas, así como en deslizamientos superficiales de corteza, suelos y en menor volumen de rocas en materiales terrígenos.

Estas transformaciones gravitacionales, al igual que las causadas por la erosión, favorecieron los fenómenos de inundación en los valles y depresiones del kárst (polja de Jibacoa, valles ciegos del Centro Cubano, entre otras) debido al aporte repentino de sedimentos, que incrementó considerablemente el gasto sólido de los ríos principales, los que fueron convertidos temporalmente en corrientes de fango y piedras.

Otros efectos negativos muy sensibles debido a la ocurrencia de estos procesos de elevada peligrosidad, fueron las interrupciones de las carreteras y caminos en algunos puntos importantes de comunicación y el incremento de los azolves en el sistema de regulación Hanabanilla - Jibacoa.

Las afectaciones ocurridas por inundaciones, están íntimamente ligadas a la presencia del kárst y no hubieran tenido lugar en presencia de acciones de ordenamiento, protección y limpieza de las cuencas endorreicas en las zonas de alimentación de los sistemas kársticos, así como de labores ingenieras en los focos de drenaje y su entorno y en las zonas de conducción subterránea (cavernas y cuevas).

Después de las inundaciones existe un peligro de contaminación de los acuíferos cársicos con zonas de surgencia hacia la red fluvial (merokársts), que pueden incrementar la incidencia de enfermedades de transmisión hídrica en los asentamientos humanos abastecidos por los manantiales kársticos.

Por ende, los valles ciegos y poljas de los relieves cársicos son áreas más vulnerables ante el peligro de inundación durante el curso de situaciones sinópticas cuyos períodos de recurrencia son relativamente cortos.



## Capítulo III

### Jerarquización geomórfica

Las clases endógenas y exógenas agrupan a los bloques de acuerdo con la similitud de las variables escogidas, mientras los tipos expresan los valores de la dinámica de acuerdo con la significación de cada variable.

No es posible hacer un análisis exhaustivo de la dinámica, tanto exógena como endógena sin tomar en cuenta todo el bloque, sus bloques vecinos y su ubicación dentro de la cúpula bloque que forma las Montañas de Trinidad. En este sentido, la valoración y agrupamiento de las condiciones claves del desarrollo exógeno, se corresponden, en el plano general, con las expresiones endógenas del relieve.

#### III.1 Clasificación endógena

La teoría y la práctica de los análisis morfotectónicos regionales efectuados por Ranstman, 1979; Glasko, 1984; Zhidkov, 1985; Díaz et al., 1989; Magaz, 1990; Hernández et al., 1991 permitieron delimitar las unidades jerárquicas del Mesobloque Montañas de Trinidad en Grupos de bloques y Bloques.

Las Montañas de Trinidad representan un levantamiento de cúpula-bloque, antiformal, con ascensos neotectónicos intensos, formado en el basamento plegado preeocénico medio. En su conformación se aprecia un sistema fundamental de fracturas radiales y concéntricas, alterado por otro transversal que no responde al plano primario de su formación.

A partir del análisis morfotectónico se determinaron 61 bloques para todo el mesobloque, de los cuales 18 poseen una importancia particular en la dinámica de la Cuenca Hidrográfica del río Jibacoa ([Mapa 2](#)). Las características morfotectónicas más importantes son:

1. Alta fragmentación hacia los bordes occidental y meridional, menor en el centro de la cúpula.
2. Claro reflejo neotectónico de las estructuras concéntricas.
3. Irregular distribución de los ascensos neotectónicos: el borde septentrional fue mucho más activo que el resto de los bordes, por lo que parece existir una deformación hacia el Sur.

Los datos históricos e instrumentales sobre la ocurrencia de terremotos atestiguan una sismicidad moderada con presencia de intensidades entre III y IV (Chuy et al. 1993) y cuyo valor estandarizado es de 0.5 y 0.6 (Tablas 1 y 2). El análisis de la correspondencia espacial de los terremotos con los elementos morfotectónicos, demuestra la existencia de zonas activas en sectores interiores a los bloques, en algunos casos relacionados con morfoalineamientos.

**Tabla 1. Matriz observacional. (VARIABLES ENDÓGENAS)**

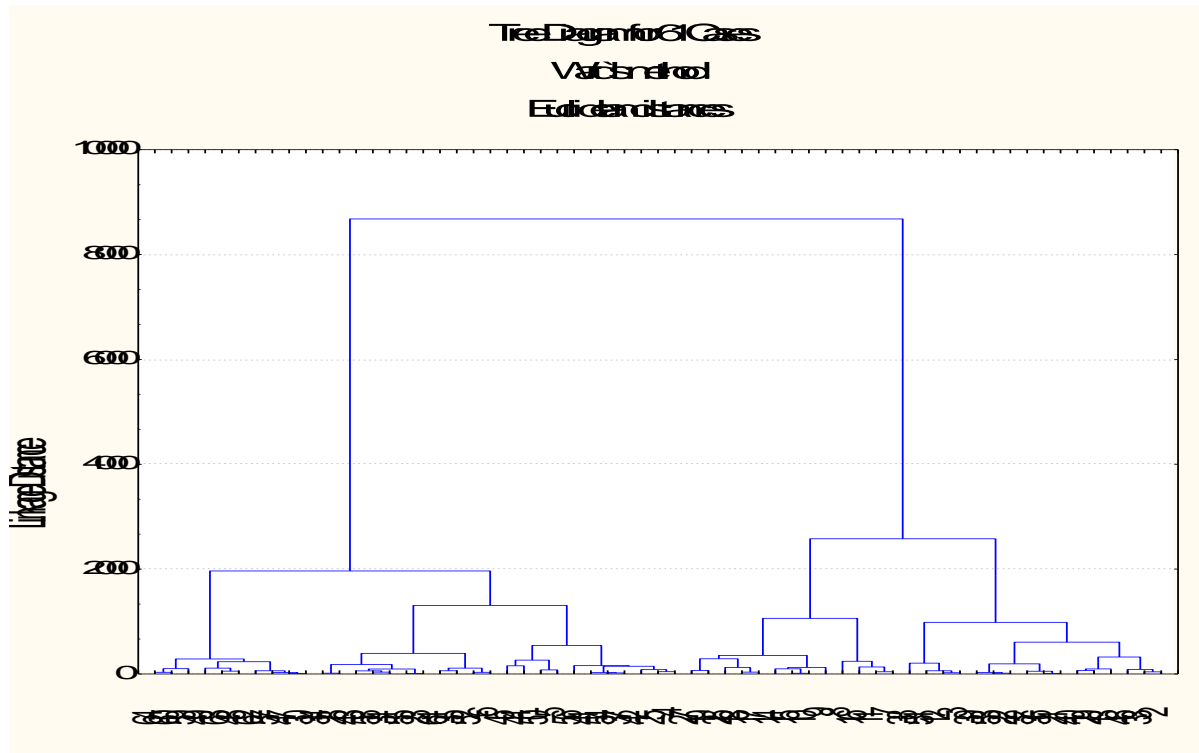
Bloque	Bloque Epicentro	Intensidad Terremoto	Bloque terremoto sentido	Categoría Límite	Delta Máximo	Valor Máximo	Longitud Morfoa-lineamientos	Densidad Morfoa-lineamientos
9	0,00		0,00	III	370,00	1000,00	3,00	0,25
10	2,00	III-IV	4,00	III	360,00	930,00	12,00	0,20
14	1,00	V	3,00	III	320,00	860,00	8,61	0,24
15	0,00		0,00	III	360,00	920,00	19,00	0,44
17	4,00	IV-V-VI	3,00	III	430,00	830,00	18,00	0,32
18	0,00		0,00	III	430,00	830,00	51,00	0,65
19	0,00		0,00	I	360,00	720,00	6,00	0,17
20	0,00		0,00	I	200,00	580,00	33,00	0,38
22	0,00		0,00	III	320,00	600,00	5,00	0,30
24	0,00		0,00	III	90,00	180,00	7,00	0,58
25	0,00		0,00	II	470,00	280,00	9,00	0,26
26	2,00	IV-V	1,00	III	500,00	900,00	23,00	0,50
27	1,00	III	0,00	I	320,00	770,00	11,00	0,22
29	0,00		0,00	III	510,00	580,00	13,00	0,46
31	0,00		0,00	III	360,00	390,00	5,00	0,34
32	0,00		0,00	III	400,00	600,00	14,00	0,44
33	0,00		0,00	III	430,00	450,00	13,00	0,44
34	0,00		0,00	II	250,00	380,00	17,00	0,30

**TABLA 2: Matriz observacional estandarizada**

Bloque	Bloque. Epicentro	Intensidad Terremoto	Bloque. Terremoto sentido	Categoría límite. superficie	<b>Dinámica Reciente</b>	Delta Máximo	Valor Máximo	Longitud Morfoalinea mientos	Densidad Morfoalinea mientos	<b>Dinámica Neotectónica</b>
9	0	0	0	0	<b>0,00</b>	0,46	0,86	0,05	0,23	<b>1,11</b>
10	0,5	0,6	0,25	0	<b>0,79</b>	0,44	0,8	0,24	0,19	<b>1,19</b>
14	0,25	0,1	0,75	0	<b>0,80</b>	0,38	0,73	0,17	0,22	<b>1,03</b>
15	0	0	0	0	<b>0,00</b>	0,44	0,79	0,37	0,41	<b>1,28</b>
17	0,25	0,9	0,75	0	<b>1,54</b>	0,56	0,7	0,35	0,3	<b>1,29</b>
18	0	0	0	0	<b>0,00</b>	0,56	0,7	1	0,61	<b>1,78</b>
19	0	0	0	0	<b>0,00</b>	0,44	0,6	0,12	0,16	<b>0,93</b>
20	0	0	0	0	<b>0,00</b>	0,00	0,21	0,13	0,54	<b>0,26</b>
22	0	0	0	0	<b>0,00</b>	0,38	0,49	0,1	0,28	<b>0,77</b>
24	0	0	0	1	<b>1,17</b>	0,49	0,53	0,15	0,37	<b>0,93</b>
25	0	0	0	5	<b>0,37</b>	0,62	0,19	0,18	0,24	<b>0,77</b>
26	0,5	0,7	0,25	0	<b>0,88</b>	0,67	0,77	0,45	0,47	<b>1,50</b>
27	0,25	0,2	0	10	<b>0,91</b>	0,38	0,65	0,22	0,21	<b>1,00</b>
29	0	0	0	0	<b>0,00</b>	0,69	0,47	0,26	0,43	<b>1,11</b>
31	0	0	0	0	<b>0,00</b>	0,44	0,3	0,09	0,32	<b>0,65</b>
32	0	0	0	0	<b>0,00</b>	0,51	0,49	0,28	0,41	<b>1,01</b>
33	0	0	0	0	<b>0,00</b>	0,56	0,35	0,25	0,41	<b>0,91</b>
34	0	0	0	5	<b>0,37</b>	0,26	0,29	0,32	0,28	<b>0,69</b>

El análisis complejo geomorfológico-estadístico permitió agrupar a los bloques por su grado de semejanza en cuatro clases endógenas (Fig. 1, Mapa 3).

Fig. 1. Análisis de cluster: Clasificación endógena.



Clase I: Se registran los menores valores delta 90 m y valor máximo 180 m, la longitud de los morfoalineamientos 7 km y la densidad de 0.58 km/km<sup>2</sup>. Se localiza en el tercio superior de la Cuenca. Correspondiendo con el bloque 24.

Clase II: Se diferencia por los valores moderados del delta de los movimientos entre 320 y 510 m y no tan homogéneos para el valor máximo: 390-600 m. Las características de los morfoalineamientos son: longitud entre 5 y 14 km y densidad entre 0.30 y 0.46 km/km<sup>2</sup>. Se localizan en el tercio inferior de la Cuenca. Los bloques correspondientes a esta Clase son el 22, 29, 32 y 33.

Clase III: Son homogéneos los valores que alcanza el delta que está entre 200 y 500 m, se presentan valores máximos de 720-1000 m, moderados los valores de longitud de morfoalineamientos 3-51 km y densidad 0,17-0.65 km/km<sup>2</sup>. Se localizan en los tercios medio y superior de la Cuenca. Los bloques a los que corresponde esta clase son el 9, 10, 14, 15, 17, 18, 19, 20, 26 y 27.

Clase IV: Los valores del delta varían de 250-470 m y 280-390 m en el valor máximo. Los valores referidos a los morfoalineamientos oscilan entre 5 y 17 km para la longitud total y 0.26-0.34 km/km<sup>2</sup> para la densidad. Se localizan en el tercio inferior de la Cuenca. Se incluyen los bloques 25, 31 y 34.

El Análisis factorial (Tabla 3 y 4) demostró que la variable semicuantitativa de mayor peso es la intensidad de los terremotos por bloques y entre las cuantitativas el delta máximo.

Tabla 3. Variables cuantitativas

Análisis factorial	Longitud máxima	Delta máximo	Movimiento máximo
	0.75352722	0.85146124	0.75852961

Tabla 4. Variables semicuantitativas

Análisis Factorial	Bloque epicentro	Intensidad categoría	Bloque Terremoto sentido	Categoría. Limite
	0.92865283	0.95317329	0.73337877	0.16743395

Obedeciendo a las leyes de la tectogénesis, se comparan y sintetizan los resultados y manifestaciones de la dinámica reciente y neotectónica, conformándose la dinámica geomórfica endógena (Tabla 5), en la que se diferencian en 4 tipos principales.

Tabla 5 Variables de la dinámica endógena

Bloque	Dinámica endógena
9	1.11
10	1.98
14	1.83
15	1.28
17	2.83
18	1.78
Bloque	Dinámica endógena
19	0.93
20	1.76
22	0.77
24	0.27
25	1.54

26	2.38
27	1.91
29	1.11
31	0.65
32	1.01
33	0.91
34	2.06

Tipo I: Que posee valores muy bajos, de 0.27-0.91. Característico de los bloques periféricos de la Cuenca. Representado por los bloques 22, 24, 31 y 33.

Tipo II: Con valores bajos de 0.92-1.55. Se localiza en los tercios medio y superior de la Cuenca. Representado por los bloques 9, 15, 19, 25, 29 y 32.

Tipo III: Con valores de dinámica moderada entre 1.56-2.19. Se localizan en los tercios medio y superior de la Cuenca. A él pertenecen los bloques 10, 14, 18, 20, 27 y 34.

Tipo IV: Con valores de dinámica alta comprendidos entre 2.20-2.83. Característico de los bloques centrales del macizo, ubicados al Sur de la Cuenca. Pertenecen los bloques 26 y 17.

La Cuenca tiene una dinámica endógena de baja a moderada, ya que predominan los bloques, con valores entre 0.92 y 2.19, debido a que la mayoría de ellos están caracterizados sólo por las variables neotectónicas.

Los tipos de dinámica se agrupan en forma concéntrica, con los mayores valores hacia el tercio superior (Tipo IV) de la Cuenca, circundados por los valores medios, que aparecen en los tercios medio y superior (Tipo III), y hacia el tercio inferior, los menores valores (Tipo I y II). De aquí, que el mapa de dinámica endógena refleja un caso típico de cúpula-bloque con gradiente directo y expresión positiva en el relieve actual ([Mapa 4](#)).

Los tipos aquí determinados expresan, en orden jerárquico, las áreas más inestables, es decir, aquellas que pueden sufrir cambios más fácilmente, de acuerdo con sus condiciones endógenas y de hecho los que más influyen de forma negativa sobre otros componentes del medio ambiente, principalmente los físicos (abióticos) y la vegetación.

### **III.2 Clasificación exógena**

La relación que existe entre el relieve y la litología es conocida, de ella depende en última instancia el tipo y nivel de transformación por la acción de los procesos exógenos.

**Desde el punto de vista geológico el territorio pertenece a la Zona estructuro-facial Trinidad y en la misma se destacan dos complejos rocosos fundamentales:**

- Metacarbonatados (por ej. Formación San Juan) constituido por calizas cristalinas, calizas marmorizadas, mármoles y esquistos carbonatados. Con contenidos de calcita de 95 al 98 % ( Viciado et al., 1982).
- Metaterrígeno (por ej. Formación Naranjo) integrado por esquistos cuarcíticos hasta cuarcitas, esquistos micáceos y cristalinos.

En el territorio aparecen 6 formaciones geológicas: San Juan, Jibacoa, Naranjo, Chispa, Cobrito y Algarrobo. Se componen de rocas de desigual dureza que ofrecen diferente resistencia a la acción del intemperismo. La Formación San Juan se destaca por su mayor resistencia a los procesos exógenos, y las de menor resistencia son Chispa y Algarrobo.

Los eventos hidrometeorológicos extremos entre los que se destacan el ciclón Kate 1985 y el huracán Lily 1991, aceleraron los procesos erosivo-acumulativos, produciendo modificaciones morfométricas significativas en las cabeceras, bordes y cauces de las formas erosivas de órdenes inferiores y en los sistemas de terrazas bajas, planos de inundación y cauces de los valles de órdenes superiores. También surgieron en determinadas superficies, formas erosivas de tipo surco y cárcava, tanto en pendientes seminaturales, como en taludes artificiales.

Estas transformaciones gravitacionales, al igual que las motivadas por la erosión, favorecieron los fenómenos de inundación en los valles y depresiones del kárst debido al aporte repentino de sedimentos que incrementó considerablemente el gasto sólido de los ríos principales, los que fueron convertidos temporalmente en verdaderas corrientes de piedras y fango. Otros efectos negativos muy sensibles debido a la ocurrencia de estos procesos de elevada peligrosidad fueron las interrupciones de las carreteras y caminos en algunos puntos importantes de comunicación y el incremento del volumen de azolves al embalse Hanabanilla ( [Reyes, 2000](#)).



Para el análisis de la dinámica exógena fueron seleccionados los siguientes indicadores: ángulo de las pendientes, disección vertical, disección horizontal, energía, orientación predominante de las pendientes y dureza de las rocas. La diferenciación en la dureza de las formaciones litológicas condiciona una erosión diferencial importante.

La disección vertical presenta valores significativos, del orden de los 680 m/km<sup>2</sup> para el bloque 16, lo que denota lo vigoroso del relieve en la cuenca de estudio, mientras que la disección horizontal se comporta de manera homogénea para todo el territorio con valores que van desde 1 km/km<sup>2</sup> a 2,05 km/km<sup>2</sup>

Otro indicador considerado es la orientación predominante de las pendientes, que determina la distribución de la energía solar y la acción de la fuerza de gravedad e influye sobre la magnitud del intemperismo y del arrastre de materiales. Se puede afirmar que las superficies con orientación meridional, reciben potencialmente, los máximos valores de radiación solar sumaria, mientras que los mínimos se registran en laderas de exposición septentrional. Estas diferencias en la distribución de la energía solar, tienen su reflejo en el régimen de calor y humedad de los territorios y, por consiguiente, en el desarrollo de muchos procesos exógenos.

Un área muy pequeña de la cuenca 6 km<sup>2</sup>, representada por el bloque 34 está ocupada por superficies orientadas fundamentalmente al Sur. Por otra parte, es apreciable el espacio territorial (75 Km<sup>2</sup>) ocupado por las pendientes de orientación noreste, fundamentalmente en los bloques 14, 22, 27, 29 y 33 (Tablas 6)

Tabla 6: Matriz observacional (VARIABLES EXOGENAS)

Bloque	Pendiente	Angulo Pendiente Máximo	Disección Horizontal	Disección Vertical	Energía	Pendiente Orientación	Orientación de las Pendientes (azimut)	Formación	Dureza
9	35 a 55	55	1	680	1	ID	180	S.Juan	1
10	35 a 55	55	1	640	1	O	270	S.Juan	1
14	10 a 15	15	1	600	1	NE	45	Naranjo	3
15	35 a 55	55	1	580	1	NO	315	S.Juan	1
17	35 a 55	55	1	540	1	SO	225	Naranjo	3
18	15 a 35	35	2	420	1	NO	315	S.Juan	1
19	15 a 35	35	1	320	0	SO	225	Jibacoa	2
20	15 a 35	35	2.05	420	0.861	NO	315	Yayabo	5
22	5 a 10	10	1	320	0	NE	45	Chispa	5

24	5 a 10	10	1.87	100	0.187	SE	135	Granitoides	2
25	10 a 15	15	1	280	0	SE	135	Cobrito	4
26	15 a 35	35	1	540	1	SE	135	Naranjo	3
27	15 a 35	35	1	540	1	NE	45	S.Juan	1
29	15 a 35	35	1	430	1	NE	45	S.Juan	1
31	10 a 15	15	1	360	0	SE	135	S.Juan	1
32	10 a 15	15	2	280	0	SE	135	Chispa	2
33	10 a 15	15	1	400	1	NE	45	Algarrobo	5
34	10 a 15	15	1	320	0	S	180	Cobrito	4

Entre estos elementos exógenos, se encuentra la inclinación de la superficie terrestre, con un ángulo de inclinación predominante de 10° a 15° y con valores estandarizados predominantes de 0.62 y 1 es el responsable, en gran medida, de la magnitud del transporte de masa, entiéndase de sedimentos, suelos y cortezas de intemperismo en el área de la cuenca. (Tabla 7)

Tabla 7 : Matriz observacional Estandarizada ( VARIABLES EXOGENAS)

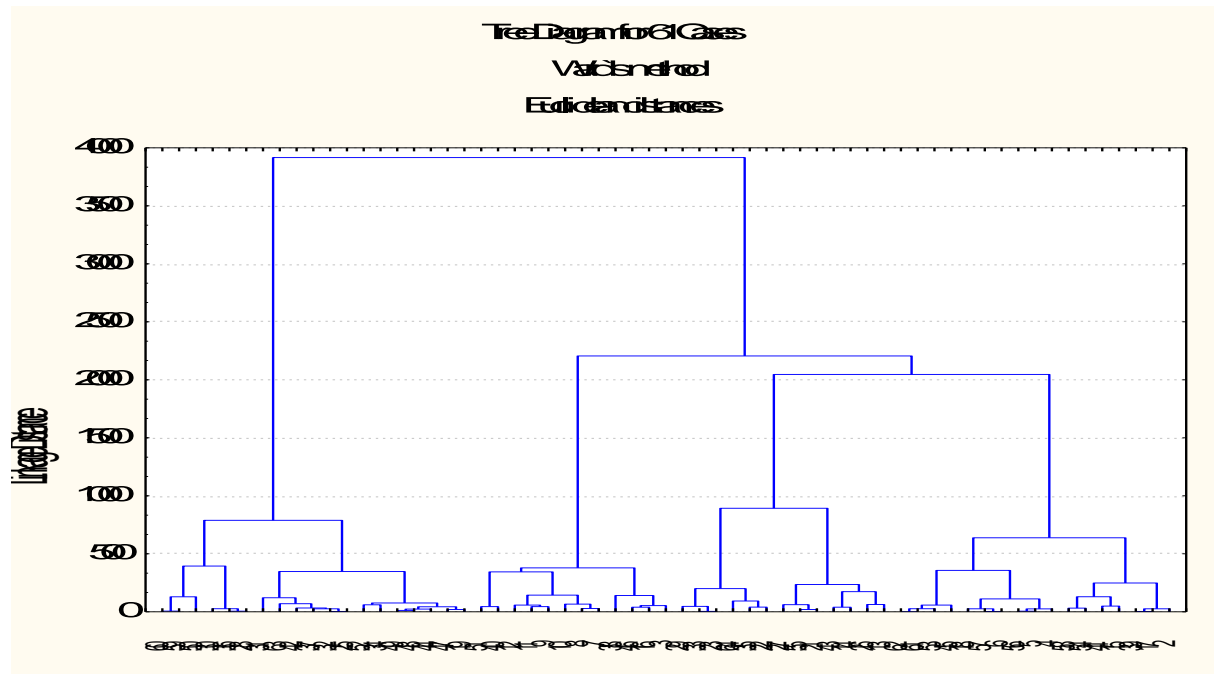
Bloques	Pendientes Máximas	Disección Vertical	Orientación Predominante	Dureza
9	1.00	0.85	0.33	0.00
10	1.00	0.79	0.33	0.00
14	0.23	0.73	0.33	0.50
15	1.00	0.70	0.33	0.00
17	1.00	0.64	1.00	0.50
18	0.62	0.45	0.33	0.00
19	0.62	0.30	1.00	0.25
20	0.62	0.45	0.33	1.00
22	0.13	0.30	0.33	1.00
24	0.13	0.00	0.33	0.25
25	0.23	0.24	1.00	0.75
26	0.62	0.64	1.00	0.50
27	0.62	0.64	0.33	0.00
29	0.62	0.47	0.33	0.00
31	0.23	0.36	1.00	0.00
32	0.23	0.24	1.00	0.25
33	0.23	0.42	0.33	1.00
34	0.23	0.30	1.00	0.75

La clasificación geomórfico-estadística compleja, a partir de las valoraciones anteriores, permitió establecer las clases exógeno-dinámicas del plano morfotectónico regional, diferenciado en bloques durante la clasificación endógena propuesta. Estas clases agrupan todos aquellos bloques con semejante ángulo de inclinación y orientación de sus laderas, dureza del substrato y

profundidad de disección, lo cual indica las mayores o menores posibilidades dinámicas del desarrollo geomórfico exógeno del territorio (Tabla 4).

El procesamiento Análisis de cluster reveló la existencia de cuatro clases fundamentales (Fig. 2):

Fig. 2. Análisis de cluster: Clasificación exógena



Clase I: Se caracteriza fundamentalmente por inclinaciones de 10°-15° de sus laderas; por una profundidad predominante de disección entre 100 y 420 m; por sus orientaciones del segundo y tercer cuadrantes (entre SW y SE) mayoritariamente. Con esta Clase se corresponden la gran mayoría de los bloques del tercio inferior y de periferia de la Cuenca. Integrada por los bloques 19, 20, 24, 25, 31, 32 y 34

Clase II: El intervalo de pendiente está entre 35°-55°, la disección vertical es homogénea ( 640 y 680 m ), la dureza es totalmente del tipo 1 (Formación San Juan). La distribución de estas características se refleja en los bloques de montañas bajas, localizadas en el tercio superior. Esta clase está compuesta por los bloques morfotectónicos 9 y 10.

Clase III: Prevalecen los intervalos de pendiente entre 10°-15° y 15°-35°; los valores de disección vertical comprendidos entre 320 y 600 m, típicos para premontañas y montañas pequeñas y la

dureza varía desde los valores 1 (Formación San Juan) a los valores de 5 (Formaciones Chispa y Algarrobo). Estas unidades están concentradas preferentemente en la periferia septentrional de la Sierra de Trinidad, ubicados en el tercio inferior. Está formada por los bloques 14, 22, 26, 27, 29 y 33.

Clase IV: Sus pendientes oscilan entre los 15°-35° y 35°-55°, mientras los valores de disección vertical son bastante homogéneos, están entre los 420 y los 580 m, también característicos en las montañas bajas. Su dureza prevaleciente es 1 (Formación San Juan) y 3 (Formación Naranja). Los bloques están ubicados en los territorios centro-septentrional y occidental y son el 15, 17 y 18.

La representación cartográfica de las diferentes clases ([Mapa 5](#)), muestra una determinada distribución espacial regular. La que la Clases IV se ubica en el tercio superior de la Cuenca, correspondiéndose con los bloques centrales del macizo. La Clase I agrupa a los bloques que se encuentran en la periferia del macizo, hacia la parte premontañosa, lo que condiciona que su dinámica exógena sea baja (Tabla 8).

Tabla 8: Dinámica Exógena

Bloque	Dinámica Exógena	Intervalos de clase
9	1.72	IV
10	1.66	IV
14	0.96	III
15	1.58	IV
17	1.66	IV
18	1.01	III
19	0.98	III
20	1.11	III
22	0.54	II
24	0.18	I
25	0.63	II
26	1.32	III
27	1.18	III
29	1.03	III
31	0.67	II
32	0.58	II
33	0.74	II
34	0.68	II

**El análisis Factorial (Tabla 9) demostró que las variables exógenas de mayor significación son la inclinación de las pendientes y la dureza de la formación litológica.**

**Tabla 9: Análisis factorial.**

Análisis factorial	Pendiente	Disección vertical	Orientación predominante de las pendientes	Dureza
	0.9066126	0.904363	0.132235796	0.10030081

Los tipos son determinados a partir de la ponderación de las variables, por la multiplicación de su peso y su valor.

Los valores de la dinámica exógena y de sus tipos son comentados a continuación.

Tipo I: De muy baja dinámica entre 0.18 y 0.48. Se incluye sólo el bloque 24.

Tipo II: Se corresponde con una dinámica exógena baja, valores que oscilan entre 0.49 y 0.88. Incluye los bloques 22,25,31,32,33 y 34.

Tipo III: Dinámica exógena moderada, con valores entre 0.89 y 1.32. Incluye los bloques 14, 18, 19, 20, 26, 27, y 29.

Tipo IV: De alta dinámica, comparte el núcleo central de la cúpula-bloque, con valores entre 1.33 y 1.72. Esta dinámica radica fundamentalmente en la magnitud de la dureza litológica. Integrado por los bloques 9, 10, 15 y 17.

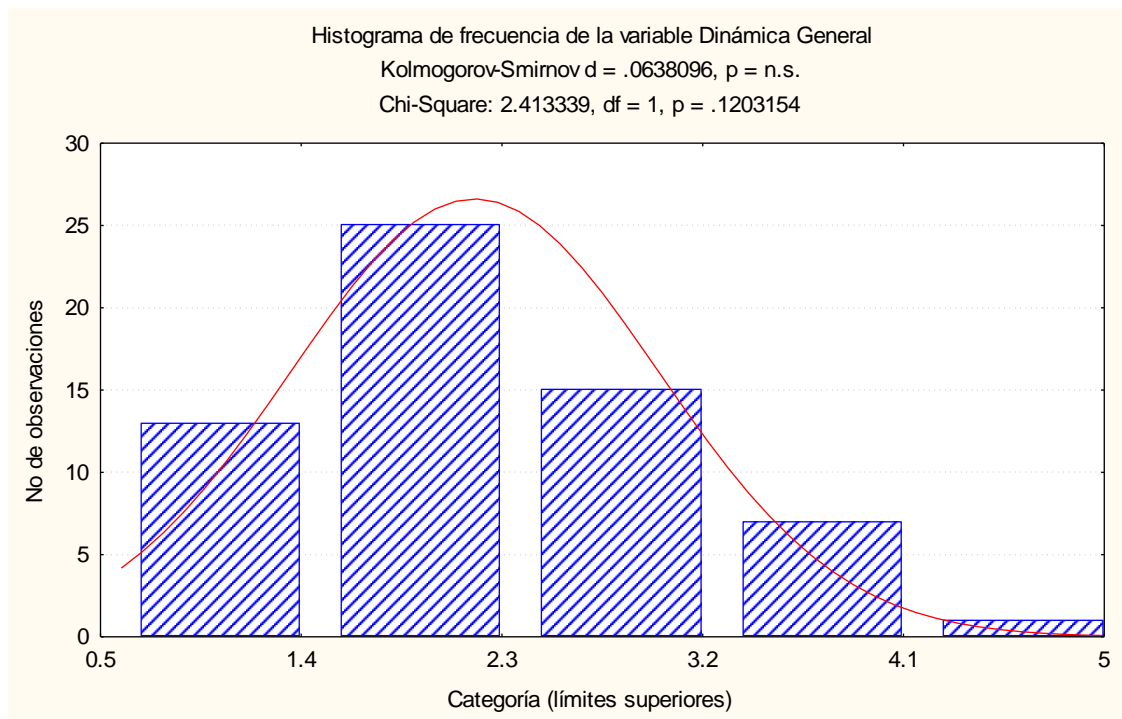
La distribución espacial de estos refleja la configuración anular del diseño cupuliforme, además de acuerdo con estos tipos la Cuenca presenta un predominio de dinámica exógena moderada, ya que predominan los bloques cuyos valores oscilan entre 0,89 y 1,32, (40 %) el área ocupada por estos bloques es de 96,92 km<sup>2</sup> y su mayor determinación recae en la disección vertical y el ángulo de inclinación de las pendientes y a la posición neotectónica máxima de los bloques involucrados. A su vez, dicha posición hipsométrica, en condiciones de rocas de dureza alta, propicia el desarrollo de pendientes abruptas, que favorecen la dinámica exógena (Mapa 6).

### III.3 Características de la dinámica geomórfica general (Peligro geomorfológico).

La dinámica de los bloques se convierte en un factor de peligro que puede influir sobre el funcionamiento de la naturaleza y la sociedad.

El mapa Dinámica Geomórfica General se obtuvo de la comparación y síntesis de los resultados y manifestaciones de las dinámicas endógena y exógena, tomando como base el histograma de frecuencia de la variable Dinámica geomórfica general (Fig. 3). Todos los tipos que caracterizan el Mesobloque están contenidos en la Cuenca, excepto los bloques 20 y 24 que pertenecen al Mesobloque de llanuras altas plegadas.

**Fig.3. Histograma de Frecuencia de la variable Dinámica Geomórfica General.**



La dinámica geomórfica expresada en los bloques morfotectónicos constituye un indicador de la inestabilidad potencial de la Cuenca, así, los tipos aquí definidos reflejan jerárquicamente su inestabilidad. De aquí que para los propósitos de esta Tesis, se trate la dinámica geomórfica general como el peligro de tipo geomórfico (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación de las dinámicas exógena y endógena

Bloque	Dinámica exógena	Dinámica endógena	Peligro geomórfico
9	1,72	1,11	2,83

10	1,66	1,98	3,64
14	0,96	1,83	2,79
15	1,58	1,28	3,86
17	1,66	2,83	4,49
18	1,01	1,78	2,79
19	0,98	0,93	1,91
20	1,11	1,76	2,87
22	0,54	0,77	1,31
24	0,18	0,27	0,45
25	0,63	1,54	2,17
26	1,32	2,38	3,7
27	1,18	1,91	3,09
29	1,03	1,11	2,14
31	0,67	0,65	1,32
32	0,58	1,01	1,59
33	0,74	0,91	1,65
34	0,68	2,06	2,74

A partir de este análisis, se determinó que la Cuenca presenta cinco niveles de peligro, que van desde muy bajo, hasta muy alto. Se considera que en la misma predomina un moderado peligro geomorfológico ya que 117, 79 km<sup>2</sup>, es decir, casi el 30 % presenta este peligro.

- Muy bajo peligro geomorfológico: Con valores entre 0.5 y 1.4. Es el peligro menor representado, junto con el alto, en la Cuenca, de acorde a la extensión territorial que ocupa, está presente en los bloques de la periferia, además del bloque 24 perteneciente a los bloques de llanuras altas plegadas. La muy baja actividad del desarrollo endógeno repercute en los bajos niveles de peligro. Este territorio está representado por los bloques 22, 24 y 31
- Bajo peligro geomorfológico: Con valores entre 1.4 y 2.3. Se encuentran entre el tercio inferior y medio de la Cuenca (segundo escalón morfoestructural del diseño anular de cúpula-bloque), con una energía moderada del relieve y favorables condiciones de dureza de las rocas. Las características de las condicionantes del peligro en este nivel, encuentran una clara correspondencia con la energía geomórfica del plano morfoestructural creado por la actividad endógena y reflejan el diseño cupuliforme de estas montañas. Se incluyen los bloques 19, 25, 29, 32 y 33.

- Moderado peligro geomorfológico: Con valores entre 2.3 y 3.2. La distribución espacial muestra una gran diversidad de bloques, con una notable extensión territorial, pertenecientes al tercio medio de la Cuenca (segundo escalón morfoestructural del diseño anular). y dos bloques en el centro de la cúpula. Están presente los bloques 9, 14, 15, 18, 20, 27 y 34.
- **Alto peligro geomorfológico: Con valores entre de 3.2 y 4.1, está entre los de menor representación territorial en la Cuenca Este es el grupo en el cual recae la energía potencial generada por la posición neotectónica de los bloques involucrados, que obedecen a la subcategoría geomórfica de montañas bajas. Localizado al Sur del límite topográfico de la Cuenca hidrográfica, constituyen los bloques, en el cual, la repetibilidad de epicentros y su intensidad media, favorecieron una mayor dinámica geomórfica. Solo representado por dos bloques, 10 y 26.**
- Muy alto peligro geomorfológico: Con valores de dinámica general entre 4.5 y 5 En esta categoría sólo se encuentra el bloque 17, que presenta una alta dinámica endógena y exógena, que lo convierte en el bloque más inestable de la Cuenca, coincide con la cúpula del Mesobloque.

Los dos últimos Tipos de Peligro, de máximo valor de la dinámica geomórfica general, delimitan, el diseño neotectónico y morfoestructural del territorio, demostrando la relación directa entre las variables endógenas y exógenas de la formación del relieve (Mapa 7).

#### **III.4 Peligros y consecuencias en la población**

Los peligros y los desastres producen cambios en las necesidades y las prioridades sociales. La diferenciación de los niveles de peligro en la cuenca, permite identificar áreas prioritarias de intervención especial tanto en las actividades pre y post desastres. Sin embargo estas áreas pueden o no coincidir con los bloques de mayor peligro geomórficos, pues ellas están condicionada por la existencia de poblaciones en las mismas. En la toma de decisiones existen varios aspectos a considerar.

Pre desastre(prevenición):



1. Las principales actividades productivas en la cuenca son pecuarias, agrarias y forestales, cada una de ellas potencia el nivel de peligro asignado a un espacio determinado (por ejemplo la deforestación, el sobrepastoreo, etc) y redefine los espacios prioritarios. Esto significa que un bloque determinado puede tener un peligro específico que es potenciado por la presencia de una actividad productiva determinada.
2. Las poblaciones rurales ya sean concentradas o dispersas que habitan en las áreas de más alto peligro, también son agentes potenciadores de estos peligros, por lo que es muy importante el conocimiento que sobre los mismos tengan estos habitantes, además debe ser un factor de dominio público de los actores sociales en cada asentamiento poblacional.

Post desastre (respuestas, rehabilitación y mitigación):

1. Dominio de los efectos de estos peligros para que la respuesta sea lo más congruente posible y lo menos traumática.
2. Precisar los efectos sociales de estos peligros sobrepasa el alcance de este trabajo, es importante destacar que de las más de 76 000 personas que viven en los tres municipios de la cuenca, es posible de forma general identificar a Cumanayagua como el que concentra los bloques de más alto peligro geomórfico, con una población de aproximadamente 45 000 habitantes. El hecho de que en la cuenca viva un número alto de personas en asentamientos rurales es un aspecto primordial a tener en cuenta para los planes de avisos y alerta ante los desastres (Tabla 11).

Tabla 11. Distribución de la población por municipios en la cuenca.

Provincia	Municipio	Población Total	Población Urbana	Población Rural
Sancti Spiritus	Trinidad	65.568	42.075	23.493
Cienfuegos	Cumanayagua	44.558	25.308	19.250
Villa Clara	Manicaragua	67.811	34.512	33.299

**Fuente: CEE. Censo de Población y Viviendas 1981. Superficie y densidad poblacional de los Distritos Rurales y lugares habitados Urbanos. Cuba, Julio de 1984.**

Por otro lado los peligros geomórficos desencadenan otros tipos de peligro especialmente hidrológicos, como puede ser la contaminación de las aguas, de especial interés en la cuenca, por

la localización de la fuente de abasto de 2 capitales provinciales, lo que rebasa los límites físicos de la cuenca, pudiendo llegar a tener consecuencias sobre las poblaciones fuera de ésta.

## Conclusiones

1. En la cuenca existen 18 bloques morfotectónicos que constituyen las unidades geomórficas de análisis para determinar el peligro.
2. Las variables endógenas, epicentros, intensidad de terremotos, terremotos sentidos, categoría de los límites de bloques, delta máximo de los elevamientos neotectónico, valores máximos de elevamiento, longitud de los morfoalineamientos, densidad de los morfoalineamientos, y exógenas el ángulo de inclinación de las pendientes, disección vertical, dureza de la roca (resistencia al intemperismo) encontraron su reflejo objetivo en el carácter morfotectónico del territorio.
3. **Los tipos dinámicos identificados con la aplicación de los métodos matemático-estadísticos se ajustan al diseño morfotectónico (cúpula bloque) definido por métodos tradicionales lo que valida la aplicación de los mismos.**
4. En los niveles superiores de peligro las variables endógenas recientes tienen mayor peso que las variables neotectónicas, ya que las primeras son exclusivas de algunos bloques, mientras que las otras son aplicables a todos por lo que matemáticamente tienden a incrementar el estadígrafo y desde una óptica geomorfológica significa que los bloques donde se manifiestan o localizan las variables endógenas recientes tienden a ser más inestables y dinámicos.
5. La cuenca puede clasificarse con un predominio de peligro moderado, ya que prevalecen los bloques cuyos valores se encuentran entre 2,3 y 3,2 (38,8 %) además de que estos bloques (7 en total) poseen la mayor extensión territorial con 117 km<sup>2</sup>, es decir, ocupan casi un tercio de la misma.
6. La determinación del peligro geomórfico por bloques, no implica que la unidad de mayor peligro esté determinada por la mayor dinámica, pues se debe tomar en consideración el poblamiento de la misma.

## Recomendaciones

1. Los resultados obtenidos a partir del conjunto de elementos analizados, son objetivos y práctico, sin embargo, existen otros elementos que permitirían a alcanzar también una caracterización integral del relieve desde el punto de vista de los peligros, como son:
  - Diferencias temporales y magnitud entre los procesos endógenos y los exógenos.
  - Tasas de agradación/ degradación por litología en un mismo tiempo, como patrón de jerarquización de cada proceso exógeno y endógeno.
  - Estudio complejo de la dinámica del kárst, etc.

Por lo que es recomendable tomar en consideración estas variables para posteriores estudios.

2. Divulgar una versión del presente resultado en un lenguaje accesible para la divulgación e introducción del mismo en las diferentes instancias del territorio, que sirvan tanto para la toma de decisiones, como para la elevación de la cultura y la educación ambiental de los habitantes y personal dirigente de los territorios involucrados.
3. Aplicar la metodología propuesta en el presente estudio en otras Cuencas de las Montañas de Guamuhaya con vistas a mejorar el conocimiento general del territorio y el perfeccionamiento de la misma.

## Bibliografía

1. Asociación Nacional de la Industria Química (1992): S.N. Material de difusión durante el seminario. Módulo VI. Riesgo Ambiental del Diplomado en Impactos Ambientales. Fac. de Química, UAEM.
2. Ayala, N. (1989): Topes de Collantes, Vida silvestre en el Escambray, Cuba, 113 pp.
3. Batista, J. L. (1998): "Países en desarrollo y vulnerabilidad ante los desastres". (VII Encuentro de Geógrafos de América Latina), Puerto Rico, 6 pp.
4. Batista, J. L.; Seguinot, J; Sánchez, M. (1997): "Niveles de Riesgo en Cuba y Puerto Rico, 8 pp.
5. Batista, J. L. (1989): Densidad de la red de drenaje fluvial. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Eds. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía e Instituto Geográfico Nacional (España). España. VII.1.2: 1.
6. Batista, J. L.; Sánchez, M.; Díaz, M. (1992): "Territorios inundables en Cuba", (III Congreso Internacional sobre Desastres), La Habana, 17 pp.
7. Batista, J. L. et. al. (1993): "Informe acerca de las manifestaciones y consecuencias de las penetraciones del mar del 13-15 de marzo de 1993, ocurridas en la franja del litoral norte de la Ciudad de La Habana", IGEO, ACC, 32 pp.
8. Batista, J. L., Sánchez M. (1995): "La infancia y el riesgo ante los desastres". Documento de trabajo elaborado como una contribución a la IX Reunión de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe. IGEO Tropical y UNICEF, La Habana, 1995, 32 pp.

9. Calderón, G. (1995): "Los desastres a través del cristal de Alfredo Zitarrosa" V Encuentro de Geógrafos de América Latina. 6 pp.
10. Cheryl, L.; Amador, E.; Elijovich, F. (1998): Significance of treating metabolic cardiovascular risk factors in New York hispanics with essential hypertension. Rev. Biomedicina, Vol. 1 N° 1, pp. 26-32.
11. Coburn, A.W.; Spence, R.J.S.; Pomonis, A. (1991): Vulnerability and Risk Assessment, United Kingdom, UNDRO, 57 pp.
12. Cross, J. A. (1992): Natural Hazards within the West Indies. Journal of Geography, vol. 91, 5:190-199.
13. Huitron, J. (1993): Riesgos por fugas y derrames. Material de difusión. Módulo VI: Riesgo Ambiental. Diplomado de Impacto Ambiental. Fac. de Química, UAEM.
14. Kostrowicki J. (1995): "Dimensión Temporal y Sistemas espaciales en el tercer mundo". Apuntes de teoría geográfica, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Geografía, Mérida, México, 95 pag.
15. Mosquete, M. T. (1990); REGLAMENTACIÓN DE LOS RIESGOS PARA EL MEDIO AMBIENTE. En: Gerencia de Riesgos, Editorial MAPFRE S.A. Año VIII, No. 32, 4to. trimestre, Madrid, España.
16. Organización Panamericana de la Salud (OPS), Organización Mundial de la Salud (OMS). (1998): Natural Disasters Protecting the Public's, Scientific Publication No. 575 Washington, D.C. E.U.A. 119 pp.
17. \_\_\_\_\_. (1986) Manual sobre el enfoque de riesgo en la atención materno-infantil. Serie Paltex, No 7; Washington, E.U.A.
18. Organización Panamericana de la Salud (1993): Análisis de vulnerabilidad. Cuaderno Técnico N° 37, Washington D.C., pp. 15-28.

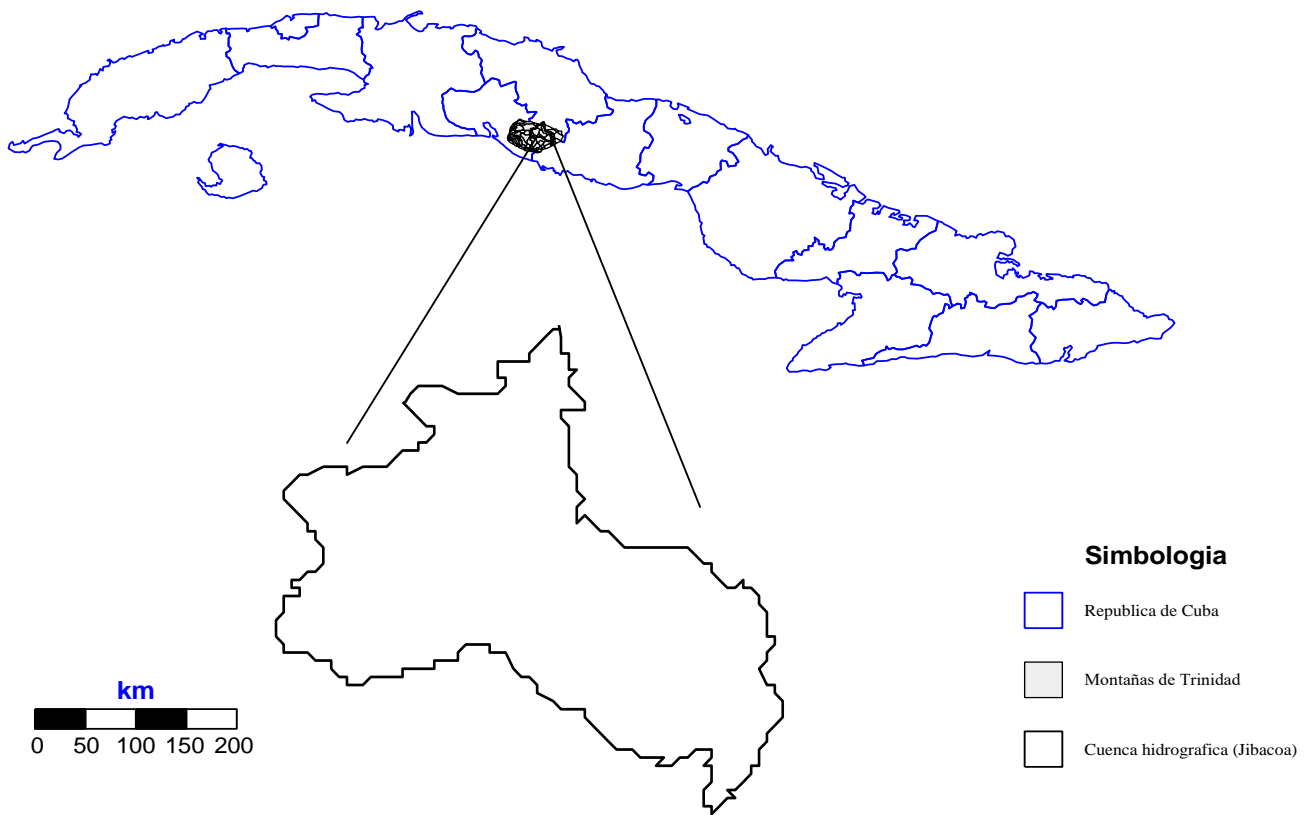
19. Press, F. (1991): El decenio como una realidad internacional. Rev. STOP Disasters, O:2:3.
20. Gobierno del Estado de México. (1992): Reglamento de ley de protección al ambiente del estado de México, en materia de impacto y riesgo ambiental. Gaceta del Gobierno del Estado de México (19 de agosto de). pp. 9-20.
21. Riva, S. (1991): Curso institucional de ordenamiento ecológico, impactos ambientales y riesgos ambientales, Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología (SEDUE), México, D.F.
22. Rodríguez, D.; et.al. (1990): Glosario de términos en salud ambiental. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Programa de Salud Ambiental, OPS, OMS. Metepec, Edo. de México.
23. Santos M; (1993): Dimensión Temporal y Sistemas espaciales en el tercer mundo. Apuntes de teoría geográfica, Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Geografía, Mérida, México, 95 pag.
24. Seguinot, J. (1997): San Juan, Puerto Rico: la ciudad al margen de la bahía (una visión geoecologica y jurídica), Puerto Rico, 142 p.
25. UNDR0 (1977): Análisis de vulnerabilidad combinada. Metodología y estudio de la zona metropolitana de Manila, Ginebra, 74 pp.
26. Velázquez, G.; García, M. C. (1996): Calidad de vida y desigualdad social en ciudades intermedias latinoamericanas. Un análisis de Tandil (BSAS-Argentina). pp. 165-182.
27. Wilches-Chaux, G. (1989): La Vulnerabilidad Global. En Desastres, ecologismo y formación profesional, SENA, Colombia, pp. 9-50.

28. Karasik, G. (1989 a): Esgurrimiento fluvial. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Eds. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía e Instituto Geográfico Nacional (España). España. VII.1.3: 3.
29. \_\_\_\_\_ (1989 b): Módulo del escurrimiento sólido. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Eds. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía e Instituto Geográfico Nacional (España). España. VII.1.4: 10.
30. Martínez, J. M.; Magaz, A.; Muñíz, O.; Martínez, L.; et al (1996): Estudio de los impactos ocasionados por el huracán Lili en el Sistema Montañoso Guamuhaya. Cuba. (inédito). Instituto de Geografía Tropical. Cuba..
31. Matos, K. (1989): Característica de los recursos hídricos. En: Estudio geográfico del Macizo Guamuhaya (Escambray). (inédito). Instituto de Geografía, Cuba.
32. Rodríguez, J. (1989): Componente subterránea del escurrimiento fluvial. En: Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Eds. Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba, Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía e Instituto Geográfico Nacional (España). España. VII.1.3: 6.
33. Sánchez, R. y Molina V. (1996): Génesis de la composición química del agua del embalse Hanabanilla. (inédito) Dirección Provincial de Recursos Hidráulicos, Villa Clara, Cuba.
34. Comisión Nacional de nombres geográficos (2000): Diccionario Geográfico de Cuba, 386 pag. Cuba.

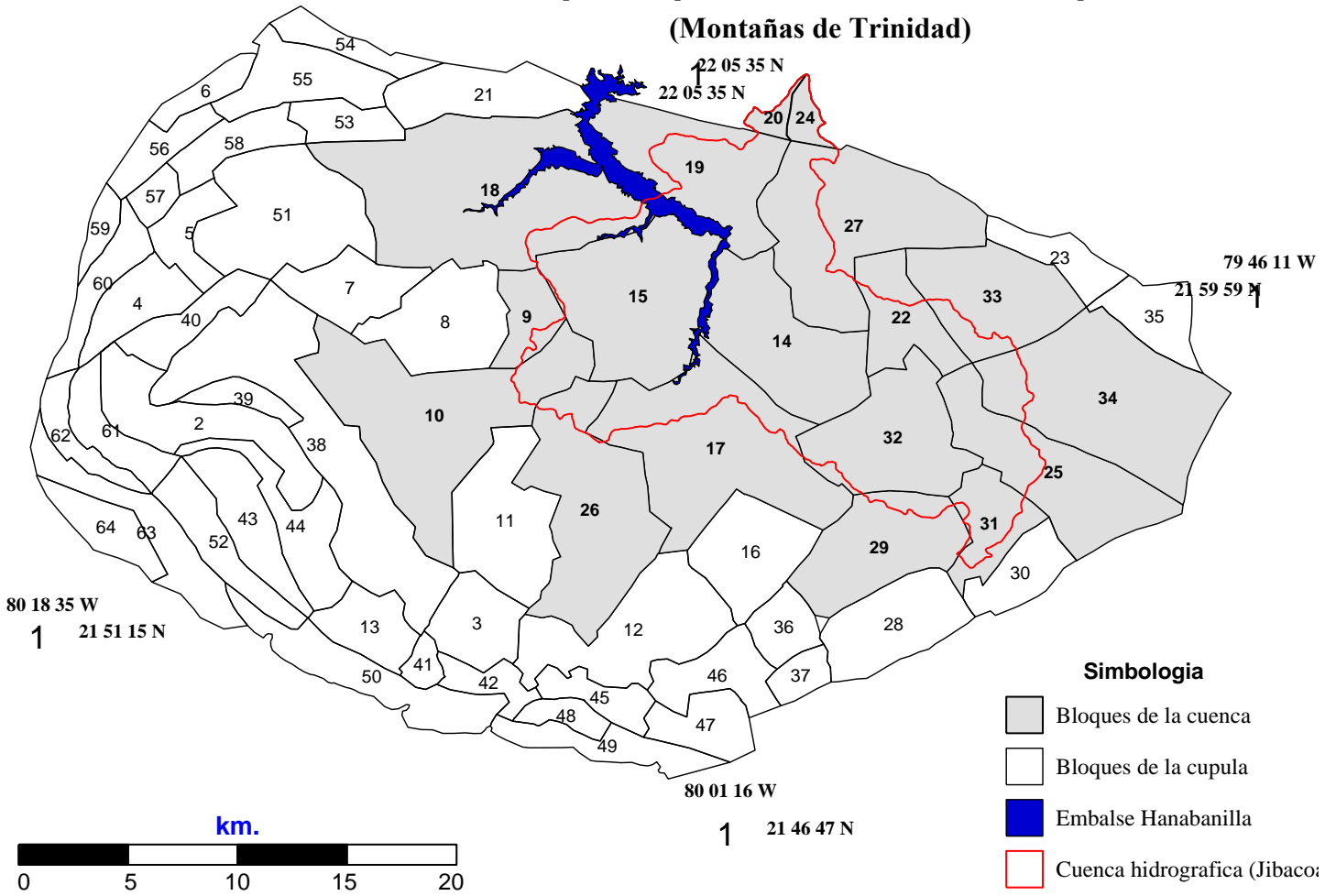


# Mapa 1. Ubicacion de la zona de estudio

## Montañas de Trinidad (Cuenca del rio Jibacoa)



# Bloques que conforman la cupula (Montañas de Trinidad)



# Clasificación endogena

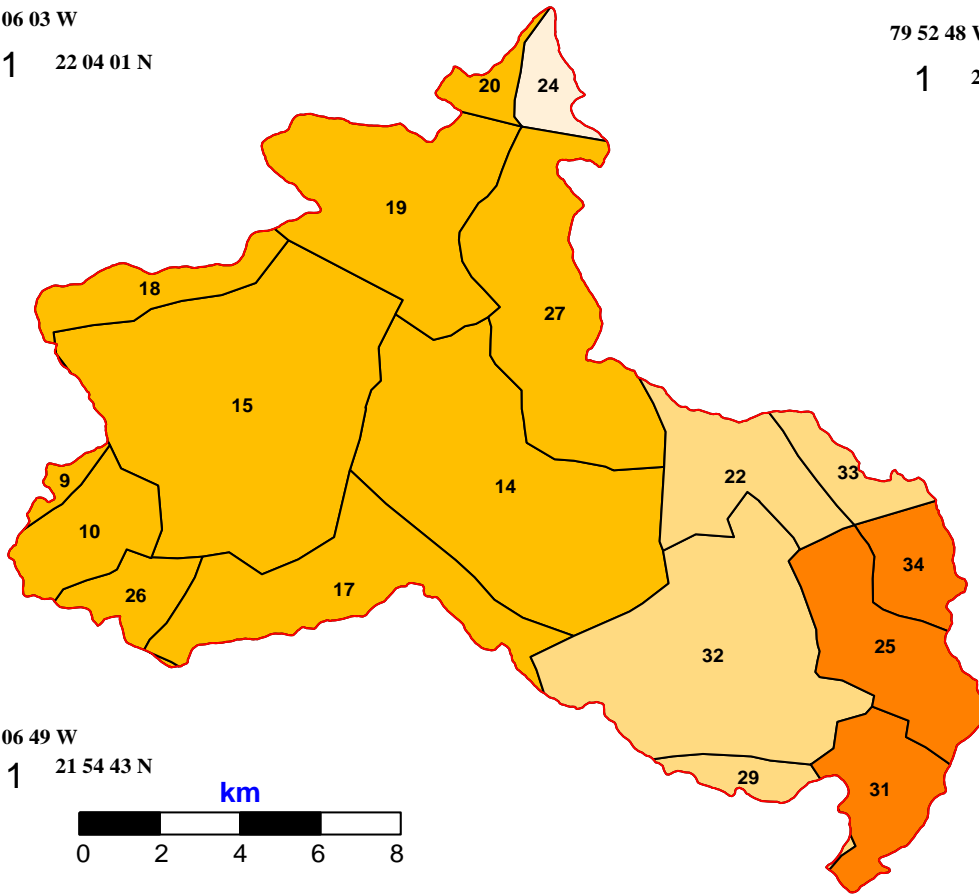
## Cuenca hidrografica del Rio Jibacoa

80 06 03 W

1 22 04 01 N

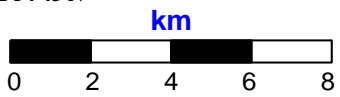
79 52 48 W

1 22 04 37 N



80 06 49 W

1 21 54 43 N



### Clasificación

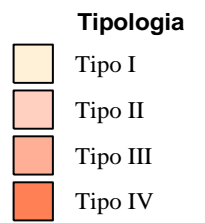
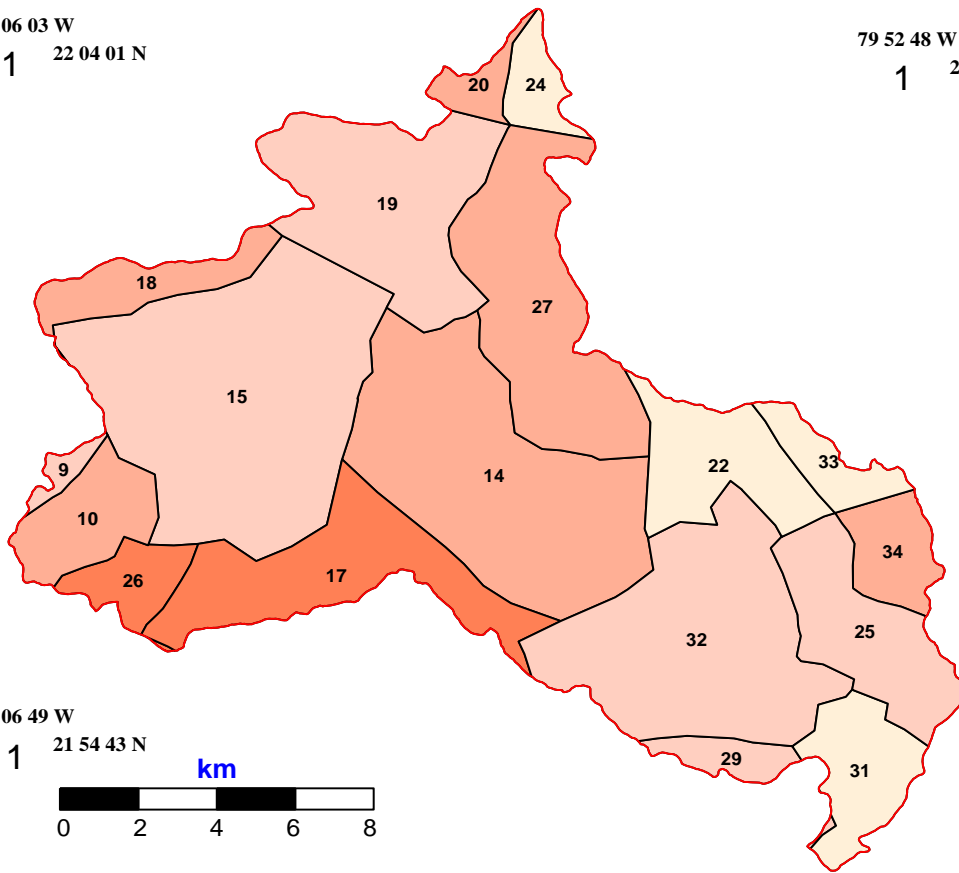
- Clase I
- Clase II
- Clase III
- Clase IV

# Dinamica endogena

## Cuenca hidrografica Rio Jibacoa

80 06 03 W  
1 22 04 01 N

79 52 48 W  
1 22 04 37 N

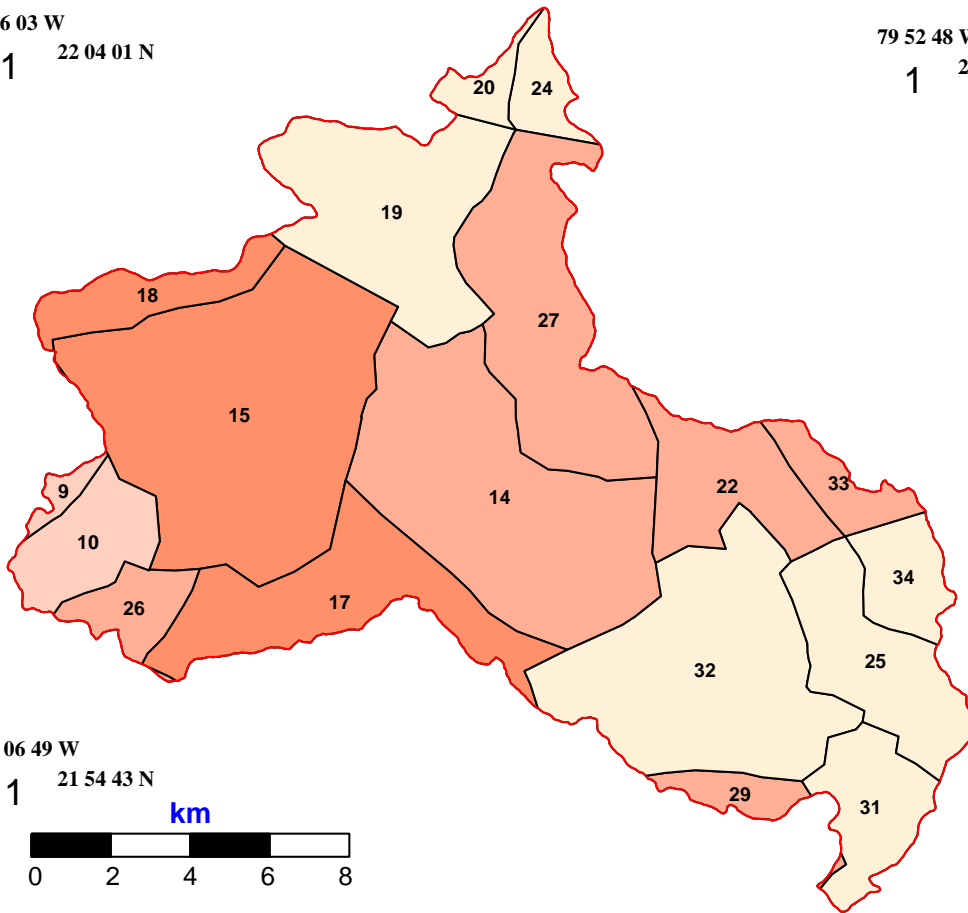


# Clasificación exogena

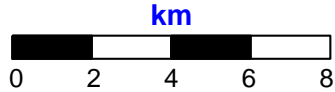
Cuenca hidrografica del Rio Jibacoa

80 06 03 W  
1 22 04 01 N

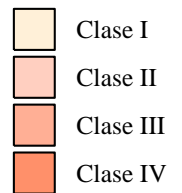
79 52 48 W  
1 22 04 37 N



80 06 49 W  
1 21 54 43 N



## Clasificación



# Dinamica exogena

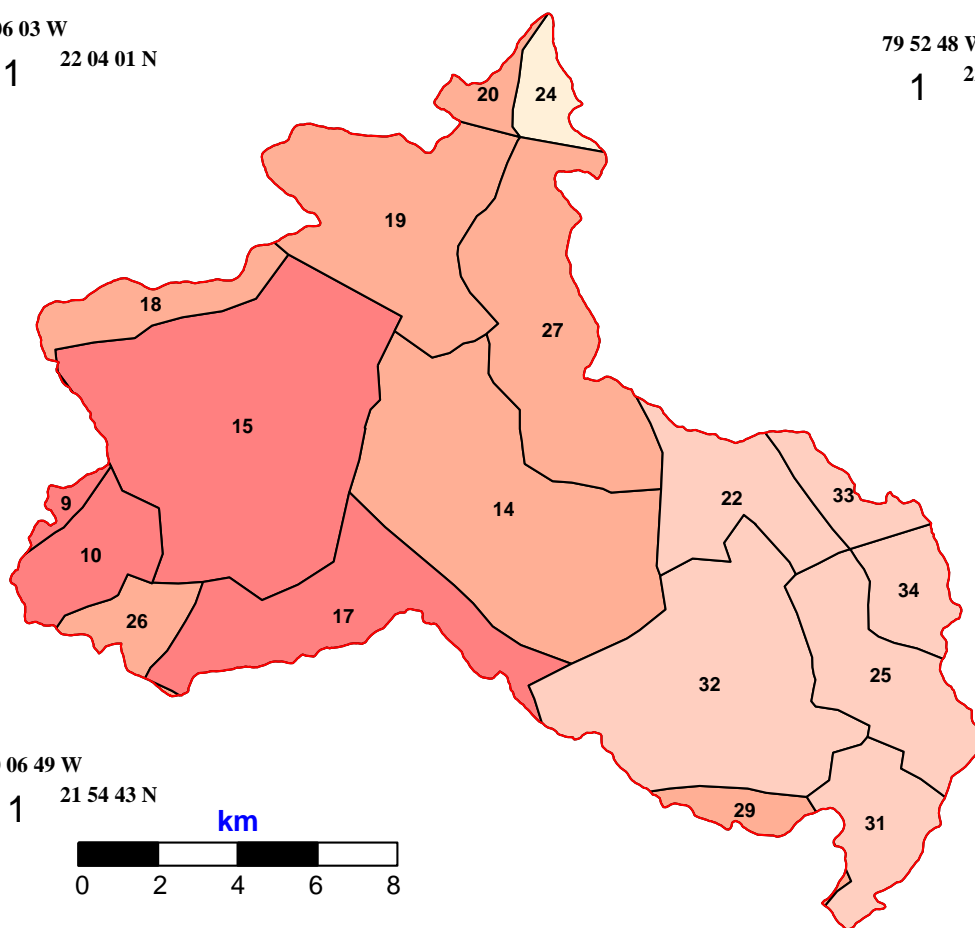
## Cuenca hidrografica Rio Jibacoa

80 06 03 W





1 22 04 01 N

79 52 48 W

1 22 04 37 N



### Tipologia

-  Tipo I
-  Tipo II
-  Tipo III
-  Tipo IV