



**MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR.  
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO DE MOA  
“Dr. ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ”  
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y MINERÍA  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA**

# **Trabajo de diploma en opción al título de ingeniero geólogo.**

**Título: Análisis de los factores de degradación de los  
suelos en la cuenca del Rio Cayo Guam.**

**Autor: Dannier García Quintana**

**Tutor: Dr. Yuri Almaguer Carmenates**

**Moa. 2013**

Dannier García Quintana

# **Pensamiento**

**Si el hombre sirve la tierra sirve.**

**José Martí**

## **Agradecimientos**

Le agradezco a mi familia por el apoyo incondicional que me ha dado desde el principio de mis años de estudios en esta universidad para que me forjase como un profesional en especial a mi madre que ha sido el motor impulsor de todo lo que he llegado a ser en la actualidad. También quisiera agradecerle a mi tutor el doctor en ciencias geológicas Yuri Almaguer Carmenates que ha sido un pilar importante en esta investigación enseñándome y preparándome para un futuro lo cual se lo agradezco y se lo voy a agradecer siempre. Por ultimo quería agradecer a un amigo de 4to año de geología Yunier Hernández el cual me ayudo y me enseñó a utilizar los sistemas de información de los cuales conocía muy poco.

# Dedicatoria

**Este trabajo se lo dedico a:**

- Mis padres Mariela Quintana Aguilar, Rubén García Gutiérrez y a mi padrastro que ha sido como un padre para mi José Luis Fonseca Figueredo.
- Mis abuelos Heriberto Quintana Reyes, Noelia Aguilar, Ana Gutiérrez y Cesar García.
- Mi hermano Dasbiel Fonseca Quintana y a toda mi familia en general.

Dannier García Quintana

## RESUMEN

Los daños causados por el hombre a los recursos naturales en las últimas décadas son evidentes, y no puede negarse que los procesos de degradación de los suelos se producen a una velocidad 10 veces mayor y en casi todas las áreas destinadas a la producción de alimentos. La investigación "Factores que influyen en la degradación de los suelos de la cuenca del río Cayo Guam, municipio Moa" tiene como objetivo realizar un análisis de los factores que inciden en la degradación de los suelos mediante métodos de cartografía digital, con vista a realizar futuros análisis de vulnerabilidad y riesgos ante este fenómeno y la pérdida de biodiversidad. La metodología aplicada integra métodos de cartografía geológica de campo, procesamiento digital de la información e integración y análisis en un sistema de información geográfico; se caracteriza desde el punto de vista geológico la cuenca y se analizan los factores naturales y antrópicos que influyen sobre la degradación de los suelos. Como resultados se describen los factores que contribuyen al proceso de degradación; el uso del suelo en algunas áreas ha eliminado la vegetación natural y transformado el medio, disminuyendo la fertilidad de los suelos y dañando cursos fluviales; en zonas de altas las pendientes ( $15^{\circ}$ - $60^{\circ}$ ) y de mayor altitud los procesos erosivos son más intensos por lo que la densidad de vegetación disminuye; en las zonas de baja densidad de vegetación la acción antrópica es la principal causante de pérdida de suelo. Los escenarios prospectivos de degradación indican el deterioro de la productividad biológica de los suelos y pérdida de biodiversidad ocuparán el 58,71% del área total de la cuenca.

## Abstract

The damages caused by the man to the natural resources in the last decades are evident, and it cannot refuse that the processes of degradation of soil take place at a greater speed 10 times and in almost all the areas destined to the food production. The investigation "Factors that influence in the degradation of grounds of the river basin Cayo Guam, Moa municipality" must like objective make an analysis of the factors that affect the degradation of soil by means of methods of digital cartography, to make futures analysis of vulnerability and risks before this phenomenon and the loss of biodiversity. The applied methodology consist of methods of geologic cartography of field, digital processing of the information and integration and analysis in a GIS; the river basin is characterized from the geologic point of view and the natural and human factors are analyzed that influence the soil degradation. As results describe the factors that contribute to the degradation process; the use of the soil in some areas has eliminated the natural vegetation, diminishing the fertility of soil and damaging fluvial courses; in zones of high slope ( $15-60^{\circ}$ ) and the greater altitude erosive processes are more intense reason why the density of vegetation diminishes; in the zones of low density of vegetation the human action is the main cause of loss of soil. The prospective scenes of degradation indicate the deterioration of the biological productivity of soil and loss of biodiversity will occupy 58.71% of the total area of the river basin.

# Índice

Introducción.....	9
<b>CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1 Conceptos y definiciones de degradación de suelos.....	12
1.2 Procesos de degradación de suelos.....	14
1.2.1 Erosión acelerada.....	14
1.2.2 Salinización.....	16
1.2.3 Compactación.....	18
1.2.4 Acidificación.....	18
1.2.5 Contaminación química.....	19
1.2.6 Uso y pérdida de nutrientes en los suelos.....	19
1.2.7 El bajo contenido de materia orgánica.....	19
1.2.8 Conflicto de usos y Manejo de la tierra.....	20
1.3 Factores de la degradación.....	20
1.4 Causas de la degradación.....	21
1.5 Investigaciones precedentes.....	24
<b>CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y LOCALES DEL TERRITORIO.....</b>	<b>29</b>
2.1 Características físico – geográficas.....	29
2.1.1 Ubicación geográfica.....	29
2.1.2 Relieve.....	31
2.1.3 Hidrogeología.....	31
2.1.4 Clima.....	31
2.1.5 Vegetación.....	32
2.1.6 Suelos.....	33
2.1.7 Sismicidad.....	34

2.1.8 Características socioeconómicas. ....	35
2.2. Características geológicas del territorio. ....	35
2.2.1 Sistemas de Fallas .....	42
2.2.2. Características geomorfológicas. ....	43
Capítulo 3. Materiales y métodos de estudio de la degradación de los suelos en la cuenca del río Cayo Guam. ....	44
3.1. Trabajos de cartografía geológica. ....	44
3.2 Análisis de los factores de degradación.....	45
3.2.1 Pérdida de la vegetación natural. ....	45
3.2.2 Análisis de los procesos erosivos. ....	46
3.2.3 Factor antrópico .....	47
3.2.4 Forma del terreno. ....	47
3.3 Procesamiento de la información. ....	48
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS.....	54
4.1 Caracterización de la cuenca.....	54
4.2 Estudio de los procesos degradativos en la cuenca. ....	56
4.2.1 Trabajos cartográficos de campo.....	56
4.2.3 Degradación de suelos. ....	70
Conclusiones.....	76
Recomendaciones.....	77
Bibliografía.....	78



## **Introducción.**

Desde las postrimerías del pasado siglo XX y a las puertas del presente siglo XXI la lucha por la conservación del medio ambiente y el desarrollo sostenible ha pasado a ser una de las principales prioridades políticas y

estatales en todos los países del orbe, en consonancia con el gradual agravamiento de la situación ambiental mundial.

Hay indicios de que la degradación es tan antigua como la civilización, y decir que este proceso no ocurriría si la tierra se utilizara adecuadamente o con arreglo a su capacidad, constituye una verdad inconclusa, pero es evidente que cuando se utiliza inadecuadamente, los procesos conducentes a la misma se manifiestan en extensa áreas y con mayor velocidad, como está sucediendo en muchas regiones del planeta y de nuestro país.

Existen evidencias que demuestran que los desiertos se produjeron progresivamente, hace unos 8 000 años. Las laderas y valles del Líbano, Siria, el litoral de Egipto y Túnez, hace 2 000 - 3 000 años, estaban cubiertos de una rica vegetación. La tala de árboles, la destrucción de la vegetación forestal y herbácea, el pisoteo de los pastos por el ganado y la erosión causada por el agua o el viento, transformaron esas regiones en semidesiertos o desiertos. El medio natural de la Península Arábiga y de África del Norte ha sido sustituido por un nuevo paisaje creado por el hombre, a través de una larga historia de pastoreo nómada incontrolado y de deforestación de los suelos arenosos. Una gran parte del desierto de Sonora, en Arizona, y casi la totalidad del desierto de Nuevo México, deben su existencia al pastoreo excesivo practicado en los últimos siglos, al igual que las vastas extensiones de tierras áridas del Asia Central.

Aunque en la conferencia de las Naciones Unidas sobre la desertificación o degradación de los suelos (celebrada en Nairobi en 1997) se reconoció el papel que desempeñan los cambios climáticos globales en la ocurrencia de los procesos y fenómenos naturales, se reconoció que la actividad antrópica es la principal causa en la extensión de los desiertos,

Dannier García Quintana

sólo el 13% obedecía a cambios naturales del ambiente y el 87% restante es atribuible al mal aprovechamiento de los recursos naturales por parte del hombre.

Los daños causados por el hombre a los recursos naturales en las últimas décadas son evidentes, y no puede negarse que los procesos de degradación de los suelos se producen a una velocidad 10 veces mayor y en casi todas las áreas destinadas a la producción de alimentos. Es por ello que puede plantearse que el hombre en su afán de supervivencia e ignorando el delicado equilibrio ecológico de la naturaleza sin comprender enteramente los procesos dinámicos en que se entremete en tan gran escala, o sin valorar los efectos finales que está originando. No obstante, cabe admitir que en ciertos lugares del planeta pueden ocurrir procesos de degradación de suelos sin que su causa sean las actividades humanas (generalmente escasas debido a la baja densidad demográfica). Este fenómeno natural de sequías repetidas, tal vez provocadas por cambios climáticos a nivel mundial difíciles de analizar, pueden provocar una degradación de los suelos de tal magnitud como para poner en peligro la existencia de las poblaciones que viven en las regiones afectadas o cerca de ellas, o impedir en el futuro su aprovechamiento.

Cuba no está ajena a la necesidad de alcanzar un estadio superior en la protección del medio ambiente y en el uso racional y sostenible de sus recursos naturales. No se debe temer al hablar de degradación en Cuba, usar otro término, sería ignorar el verdadero peligro que se cierne a mayor o menor plazo y que es hoy, una realidad palpable y amenazadora. Como manifestación local de este fenómeno, y no precisamente en sitios de escases de lluvias, se encuentra en municipio de Moa, donde existen evidencias de claras de pérdida de biodiversidad y productividad biológica de los suelos, debido a factores climáticos y antrópicos, estos últimos con mayor fuerza debido fundamentalmente a la actividad minera de los yacimientos lateríticos, actividades industriales, deposición de desechos industriales, presas de colas.

La presente investigación surge de la **problemática** relacionada con los procesos de degradación de suelos en cuencas hidrográficas en el territorio de Moa, lo que trae consigo en cambio del régimen hídrico, pérdida de productividad biológica de los suelos y disminución de la biodiversidad.

**Objeto de estudio.**

Se seleccionó como objeto de estudio de la presente investigación la cuenca del Rio Cayo Guam debido a los procesos geológicos y acciones antrópicas que lo convierten en un laboratorio natural para el análisis del peligro de degradación de los suelos y la pérdida de biodiversidad por la acción antrópica.

**Objetivo General:**

Analizar los factores que inciden en la degradación de los suelos en la cuenca del Rio Cayo Guam con vista a proponer medidas de mitigación y/o prevención de la pérdida de biodiversidad.

**Objetivos Específicos:**

1. Caracterizar la cuenca y los procesos geodinámicos a través de métodos de cartografía geológica.
2. Determinar la influencia de la acción antrópica en los procesos de degradación.
3. Evaluar escenarios prospectivos de degradación.

**Hipótesis:**

Si se caracterizan los cambios en los índices pluviométricos, la actividad antrópica a través del uso del suelo y las variaciones de la vegetación, así como las condiciones geomorfológicas y fenómenos geodinámicas en la región de estudio, es posible caracterizar los factores que inciden en la degradación de los suelos.

**Aportes científicos.**

Análisis de factores que inciden en la degradación de los suelos en la cuenca hidrográfica.

Evaluación de escenarios prospectivos de degradación y análisis de radiación solar en la cuenca hidrográfica.

Dannier García Quintana

# **CAPÍTULO I. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL DE LA INVESTIGACIÓN.**

## **Introducción.**

En este capítulo se explica detalladamente el procesos de degradación como proceso geológico, empezando por su significado, las causas que dan lugar a ella y en qué lugares ocurren, así como su vinculación con otros procesos geológicos que ayudan a que esta se produzca e intensifique. También hace una descripción analítica y crítica de los trabajos realizados sobre esta temática en el mundo, Cuba y el área de estudio.

### **1.1 Conceptos y definiciones de degradación de suelos.**

En las definiciones reflejadas por José Luis Rubio Según el “Convenio de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación” por degradación de las tierras se entiende la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, por los sistemas de utilización de la tierra o por un proceso o una combinación de procesos, incluidos los resultantes de actividades humanas y pautas de población, tales como: la erosión del suelo causada por el viento o el agua, el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas o de las propiedades económicas del suelo y la pérdida duradera de vegetación natural.

La degradación del suelo o de las tierras es un proceso inducido antrópico que afecta negativamente la biofísica del suelo para soportar vida en un ecosistema, incluyendo aceptar, almacenar y reciclar agua, materia orgánica y nutrientes. Ocurre cuando el suelo pierde importantes propiedades como consecuencia de una inadecuada utilización. Las amenazas naturales son excluidas habitualmente como causas de la degradación del suelo; sin embargo las actividades humanas pueden afectar indirectamente a fenómenos como inundaciones o incendios forestales.

Dannier García Quintana

**Zona árida:** Un área que tiene una baja relación de precipitación a evapotranspiración potencial ( $P/PET=0,03$  a  $0,20$ ). Como resultado, las zonas áridas son regiones de baja productividad biótica. Las zonas áridas son áreas de tierra seca con especies anuales y perennes. En su forma natural generalmente pueden sostener un extenso pastoreo de ganado pero no agricultura de secano (Dregne, 1983).

**Desierto:** El término "desierto" nunca ha sido definido con precisión. En el imaginario popular, generalmente es una región con poca o ninguna vegetación, por razón de deficiente precipitación o aridez edáfica. También puede significar "tierras eriazas", es decir, áreas de baja producción de vegetación, cualquiera que fuera la razón por la que ello ocurre.

**Sequía:** Un extendido período de sequedad; generalmente cualquier período de deficiencia de humedad que está por debajo de lo normal para una área específica. Compartiendo este concepto, hay varias definiciones que tienden a ser conceptuales u operacionales y varían de acuerdo a la disciplina (sequía meteorológica, sequía agrícola, sequía hidrológica, sequía socio-económica) y de acuerdo al país (Wilhite y Glantz, 1987).

**Zona húmeda:** Una área que tiene una relación de precipitación a evapotranspiración potencial mayor de  $0,75$  ( $P/PET >0,75$ ). Es decir es un área que tiene exceso de agua y donde las condiciones de sequía ocurren muy rara vez. Si lo permiten las temperaturas, en estas zonas los bosques crecen, y ciertos cultivos pueden crecer sin irrigación, aunque el extremo inferior del rango de precipitación puede reducir la producción (Dregne, 1983).

**Zona sub-húmeda:** Un área con una relación de precipitación a evapotranspiración potencial de  $0,5$  a  $0,75$  ( $P/PET =0,5-0,75$ ) cubierta con zonas pequeñas de vegetación natural que son más densas pero que pueden incluir las sabanas tropicales. La agricultura en secano es común en esta zona para cultivos adaptados a sequías ocasionales (CCD/PNUMA, 1995).

**Zona semi-árida:** Un área con una razón de precipitación a evapotranspiración potencial de  $0,20$  a  $0,50$  ( $P/PET = 0,20-0,50$ ) y una cobertura de vegetación natural herbácea discontinua con una frecuencia mayor de especies perennes que las zonas áridas. Esta zona normalmente puede sostener agricultura de secano y actividades de crianza de ganado con poca ayuda adicional si es que las tasas de crecimiento se mantienen a niveles adecuados para sostener la producción (CCD/PNUMA, 1995).

**Zona hiper-árida:** Un área de extrema aridez con una relación de precipitación a evapotranspiración potencial de menos de 0,03 ( $P/PET < 0,03$ ) y donde pueden transcurrir períodos (aún años) sin precipitación. Exceptuando los frentos no existe vegetación permanente aunque con la precipitación crezcan plantas efímeras. Excepto durante períodos raros de precipitación, cuando los efímeros pueden ser usados para pastoreo, son imposibles la agricultura, la silvicultura y el pastoreo sin algún tipo de irrigación (Reining, 1978; Dregne, 1983).

## **1.2 Procesos de degradación de suelos.**

Los procesos de la degradación no son más que aquellos procesos o combinación de ellos que influyen en la reducción o la pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras agrícolas de secano, las tierras de cultivo de regadío o las dehesas, los pastizales, los bosques y las tierras arboladas, ocasionada, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas. Por otro lado, es importante destacar que la desertificación es una degradación de tierras que ocurre en áreas áridas, semiáridas y subhúmedas del mundo. Estas áreas de secano susceptibles cubren el 40% de la superficie terrestre, poniendo en riesgo a más de 1.000 millones de habitantes que dependen de esas tierras para sobrevivir.

**1.2.1 Erosión acelerada.** Es el arrastre de materiales del suelo por diversos agentes como el agua y el viento, lo cual genera la improductividad del suelo.

La **erosión** es un proceso de pérdida de suelo por arranque, transporte y posterior deposición del material que lo constituye, dependiente de las condiciones intrínsecas del suelo, las precipitaciones, la pendiente, la vegetación y los usos humanos (Colectivo de autores, {s. a}).

La misma provoca grandes pérdidas de la masa de suelo, tiene su origen en el establecimiento de inadecuados sistemas agrotécnicos y manejo del riego: la ejecución del laboreo de las tierras y cultivos en sentido de la mayor pendiente; uso de sistemas de riego por aspersión a alta presión, con una fundamentación técnica incorrecta para el tipo de suelo y de cultivo; eliminación de cauces naturales de evacuación de agua; normas de riego que superan la capacidad de infiltración del suelo, lo cual provoca escorrentías superficiales; labores profundas en suelos poco profundos, así como cultivos y procedimientos denudativos de los suelos.

**Erosión hídrica:** En regiones donde el clima es muy húmedo éste tipo de erosión es muy común. La erosión hídrica se clasifica en: laminar, regueros o surcos y barrancos o cárcavas. Este proceso erosivo influye varios factores: la lluvia que provoca la erosión del suelo a través del impacto de las gotas sobre la superficie; la cobertura vegetal que constituye la defensa del suelo contra la erosión; la topografía a través de la cual se verifica la intensidad erosiva principalmente por la inclinación y el largo de las laderas, y las propiedades de los suelos sobre todo, la textura, estructura, permeabilidad y densidad al otorgar mayor o menor resistencia a la acción de las aguas. La misma se clasifica más intensa cuanto mayor inclinación tiene el relieve, arrastra el suelo de la superficie, provocando importantes pérdidas en extendidas superficies (conviene recordar que 1 mm de suelo perdido equivale a 10 tm/ha y que la naturaleza puede demorar entre 3000 y 12000 años en producir 30 cm de espesor de la capa superior del suelo). La única manera de disminuir este proceso en forma masiva es manejando la cobertura vegetal, a efectos de amortiguar la fuerza erosiva de la lluvia. También es necesaria la nivelación de los terrenos a cultivar para favorecer la infiltración y disminuir el escurrimiento. Se han desarrollado tecnologías de laboreo que han acelerado el proceso de erosión, salinización y compactación de las tierras. Los procesos de degradación más importantes que se desarrollan en Cuba son: *la erosión, la salinidad y la degradación de la cubierta vegetal*. Otros procesos y condiciones edafoclimáticas actúan, conjuntamente, en las áreas propensas e intensifican la evolución hacia la aridez.

### **Tipos de erosión hídrica**

**Erosión laminar.** Es la más extendida y la menos perceptible. El daño causado, a igualdad de pérdida del suelo es mayor, ya que selecciona las partículas del suelo (deja atrás las más gruesas, llevándose el limo, la arcilla y la materia orgánica)

**Erosión por arroyamiento.** Tiene lugar cuando el agua concentra el poder erosivo a lo largo de un canal, en función de su energía cinética. Presenta tres tipos:

- *Regueros o canales de menor tamaño:* Pueden cruzarse y suavizarse con operaciones normales de laboreo. El efecto es parecido al de la erosión laminar.
- *Cárcavas y barrancos:* Se forman donde se concentra el agua que fluye descendiendo por una pendiente.

- *Erosión de depósitos fluviales:* Tiene lugar cuando el canal principal de una corriente establecida incide contra sus propios sedimentos.

**Coladas de lodo.** Desplazamientos de tierra en forma de fluido viscoso por efecto de la gran cantidad de agua embebida en el suelo.

**Deslizamientos.** Pueden ser de dos tipos:

- *Superficiales:* Es cuando una capa superficial de terreno resbala por efecto de la gravedad y de la cantidad de agua embebida.
- *De fondo:* Es cuando una capa permeable resbala sobre otra más profunda impermeable, debido a la formación de un plano lubricado.

**Reptación.** Movimiento lento e imperceptible de una película superficial de suelo en el sentido de la pendiente, debido a varias causas.

**Erosión en túnel.** Se manifiesta por hundimientos y deslizamientos, debidos a flujos subterráneos, o a la existencia de rocas solubles que dan lugar a cavernas.

***Erosión eólica:*** El viento, por sí mismo, no tiene suficiente fuerza para producir efectos de meteorización. Lo que sí puede hacer es transportar partículas que, cuando chocan con el terreno, lo van desgastando. Este tipo de erosión suele ser lenta y, para que se produzca, el territorio debe estar desnudo, ya que la vegetación disminuye o anula el efecto. La erosión eólica se produce en zonas áridas, como los desiertos y las altas montañas. Estos tienen además otra característica imprescindible: las grandes diferencias de temperaturas. Esto hace que la roca se rompa y la erosión eólica pueda actuar con mayor eficacia.

### **1.2.2 Salinización.**

E. Salatino (1996) resume claramente los problemas de salinidad en las tierras secas. Según esta autora, las aguas cargadas de sales se acumulan en depresiones, tanto subterráneas como superficiales, formando mantos freáticos salinos o charcas y lagunas. Una vez en reposo, la mineralización progresiva de las mismas depende de los factores climáticos o hidrogeológicos de la zona: la lluvia lava las sales, pudiendo llegar a eliminarlas; la evaporación y transpiración, en cambio, consumen grandes cantidades de agua sin afectar las sales, lo que eleva la concentración salina de las aguas. En zonas



áridas y semiáridas, donde la evapotranspiración es mayor que la precipitación, las aguas freáticas tienden a mineralizarse progresivamente. Cuando la napa freática está cerca de la superficie del suelo menos de 3 metros, éste puede salinizarse como consecuencia del aporte capilar del agua subterránea. Estas sales permanecen en la solución del suelo, salinizándolo a su vez y dificultando el desarrollo de los cultivos. A menudo se presenta esta situación en la parte más baja de la mayoría de los valles agrícolas, en áreas sometidas a riegos intensivos por gravedad con bajas eficiencias de aplicación y con drenaje restringido o nulo.

### **1.2.3 Compactación.**

Se manifiesta con el aumento de la densidad aparente del suelo, en las capas superficiales o profundas. Es el resultante del deterioro gradual de la materia orgánica y la actividad biológica.

### **1.2.4 Acidificación.**

Es el proceso de remoción o pérdida de los elementos que forman el complejo catiónico del suelo, y puede tener origen natural o antrópico. Los suelos ácidos, por su naturaleza, tienen una estrecha relación con la roca o material de origen, la composición de sus arcillas, su baja capacidad de retención de las bases y con el alto régimen de precipitaciones; todo esto provoca la remoción de sus cationes hacia estratos inferiores y, en consecuencia, la saturación del complejo absorbente del suelo con iones hidrógeno, aluminio, hierro o manganeso, que le confieren un carácter ácido. El mal manejo de los suelos por el hombre, mediante la aplicación de tecnologías inapropiadas, el uso de fertilizantes minerales con carácter residual ácido, generan o intensifican este proceso (Colectivo de autores, {s. a}).

Los efectos negativos que provocan acidez son:

- Insolubilización de nutrientes.
- Toxicidad por la presencia de aluminio.
- Disminución de la actividad biológica del suelo.
- Carencia de elementos bases como el calcio, magnesio, potasio, entre otros.
- Limitación del desarrollo y crecimiento normal de las plantas.
- Limita la agroproductividad de los suelos.

La acidez de los suelos y el agua se manifiestan a partir de la emisión de los gases por algunas industrias, los cuales se mezclan con el vapor de agua de la atmósfera, formándose así sustancias ácidas. Estos ácidos caen sobre la tierra en forma de lluvia, produciendo la acidificación de los suelos y aguas, pérdida de zonas de cultivo, muerte de árboles, bosques, erosión, etc. Al igual que por el incremento del mal uso y manejo del agua de riego, el uso de los fertilizantes minerales de efecto residual ácido y la explotación excesiva de las tierras con cultivos fuertemente esquilmanes.

### **1.2.5 Contaminación química.**

Uso irracional de grandes cantidades de fertilizantes y sustancias químicas para el control de plagas y enfermedades, por encima de los niveles requeridos producen la contaminación química de los suelos.

### **1.2.6 Uso y pérdida de nutrientes en los suelos.**

El empobrecimiento gradual o acelerado del suelo por sobreexplotación o monocultivo, lo que trae como consecuencia la baja fertilidad y productividad de los suelos. La manera de usar un determinado terreno o entorno puede iniciar el proceso de desertificación. Ciertas prácticas de agricultura, sobrepastoreo por ganado y fauna silvestre, la selvicultura extractiva, las actividades de construcción y el uso del fuego son frecuentemente considerados como las causas más importantes del proceso. Las prácticas agrícolas en tierras secas pueden contribuir al proceso porque exponen los suelos al viento y a la erosión del agua durante períodos de sembrío temprano y después de la cosecha. Las partículas más finas del suelo son acarreadas por el viento o lavadas con el material orgánico esencial que hará falta en el próximo ciclo agrícola. Así, se da una gradual reducción de nutrientes con el correr de los años. La agricultura con riego también puede contribuir a la desertificación si es responsable de aniegos y salinización. Los aniegos reducen la aeración del suelo y las raíces de las plantas no pueden sobrevivir en él. Esta condición empeora cuanto la napa freática se acerca a la superficie.

### **1.2.7 El bajo contenido de materia orgánica.**

Obedece, en lo fundamental, a dos causas: una de ellas de origen natural, el proceso natural de oxidación de la materia orgánica que, en nuestras condiciones climáticas, está influida por las altas temperaturas, pluviometría alternante y condiciones físicas de los suelos; y la otra, los procesos degradativos inducidos por el hombre. A esto se suma la deficiente aplicación de medidas de mejoramiento orgánico y otras prácticas, como son la incorporación al suelo de restos de cosecha, la cobertura viva o muerta, la aplicación de abonos verdes, abonos orgánicos y rotaciones de cultivos adecuados.

### **1.2.8 Conflicto de usos y Manejo de la tierra.**

Es cuando las tierras agrícolas se pierden o transforman en tierras para la urbanización. El pastoreo mal manejado de ganado doméstico, animales salvajes o exóticos y animales de caza, grandes o pequeños, contribuye a la pérdida de la cobertura vegetativa de los suelos. En algunos ecosistemas, el sobrepastoreo promueve la invasión de especies leñosas de plantas que los animales encuentran desagradables para su paladar. Así pues, el nivel de biomasa aumenta con una mezcla menos deseable de especies de plantas. La competencia por el agua disponible entre las plantas, combinada con un continuo sobre uso de especies comestibles por parte del ganado, puede hacer que los campos se deterioren aún más, en términos de la producción de forraje y de animales.

El corte de leña, para propósitos domésticos e industriales también puede contribuir a la desertificación. La recolección de leña, y la producción de carbón de palo, normalmente resultan significativas en áreas cerca a centros poblados donde ésta es la más barata o la única fuente de energía. En otras partes, la recolección de leña en lugares recientemente talados o quemados tiene importancia secundaria. La recolección para propósitos industriales puede reducir rápida y significativamente la cubierta vegetal, dado que la demanda es alta y que el que cosecha obtiene un ingreso de la madera recolectada.

Al igual que la agricultura, la construcción de edificios, reservorios, caminos, etc., y el uso indiscriminado del fuego, también eliminan la cobertura vegetativa y dejan a los suelos sin protección y expuestos a la erosión. Actividades como éstas, que cambian los patrones normales de drenaje, pueden ser responsables de la erosión de extensiones extremadamente grandes de suelos. Casi cualquier alteración en la superficie estable de los suelos, tal como el pavimento desértico, puede iniciar un nuevo ciclo de erosión eólica y de agua.

### **1.3 Factores de la degradación.**

Existen diferentes factores que causan una degradación del suelo, todos ellos están interrelacionados lo que dificulta su estudio; los principales factores son la erosión del suelo, el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, la disminución de la materia orgánica, contaminación, salinización y la pérdida de biodiversidad (tabla 1.1).

Tabla 1.1 Factores de la degradación de los suelos .

### **I. DETERIORO FISICO**

#### **A. CLIMATICOS.**

1. Aridez y altas temperaturas. Fuerte evapotranspiración.
2. Distribución de las precipitaciones irregular.
3. Alternancia de períodos de sequía y de lluvias torrenciales.

#### **B. NO CLIMATICOS.**

1. Erosión hídrica y eólica.
  - 1.1. Espesor: Retención de humedad.  
Pérdida de componentes más finos.
  - 1.2. Estructura Aireación. Retención de humedad.  
Permeabilidad. Infiltración.
2. Sellado y encostramiento del suelo.
3. Compactación del suelo.
4. Ocupación por la construcción e infraestructuras.

### **II. DETERIORO QUIMICO**

#### **A. SALINIZACION Y ALCALINIZACION DE SUELOS Y AGUAS**

#### **B. REDUCCIÓN DE FERTILIDAD**

#### **C. CONTAMINACION DEL SUELO. TOXIFICACION.**

1. Productos fitosanitarios.
2. Fertilizantes.
3. Metales pesados.
4. Acidificación (lluvia ácida, minería).
5. Residuos orgánicos de origen urbano.
6. Radiactividad.

### **III. DETERIORO BIOLÓGICO**

#### **A. DISMINUCIÓN DE LA BIODIVERSIDAD: pérdida duradera de la vegetación natural.**

#### **B. REDUCCION EN EL CONTENIDO EN MATERIA ORGANICA.**

1. Fertilidad.
2. Física (estructura); química (intercambio iónico) y biológico (sustento de organismos).

#### **C. DISMINUCION DE LOS ORGANISMOS DEL SUELO.**

Alteraciones en la evolución de la materia orgánica, edafización y fijación del nitrógeno.

### **1.4 Causas de la degradación.**

La degradación del suelo es un problema mundial, en gran medida vinculado a las actividades agropecuarias, aunque también hay otras actividades humanas que pueden causarla. Las causas principales son:

- Movimiento, despeje y desbrozado de tierras, incluyendo la tala de árboles y deforestación.
- El agotamiento de los nutrientes del suelo por malas prácticas agrícolas, como un mal uso de la rotación de cultivos
- Ganadería, incluyendo el sobrepastoreo.
- Riego y sobreexplotación de recursos hídricos.
- La expansión urbanística y el desarrollo comercial.
- Contaminación del suelo, incluyendo la debida a residuos.
- Circulación de vehículos *off-road*, es decir, fuera de los caminos y carreteras autorizados.
- Actividad minera, incluyendo la extracción de materiales, como piedra, arena y minerales.

Tabla 1.2 Indicadores de la degradación de suelos.

<b>Causas de la degradación</b>	<b>Efectos</b>
Disminución y degradación de la cobertura vegetal natural.	El bosque es sustituido por formaciones Secundarias de arbustos y matorral. El suelo menos rugoso o desnudo es más vulnerable a la erosión.
Reducción en el contenido en materia orgánica.	Pérdida de fertilidad: Física (peor estructura); química (disminuye poder amortiguador e intercambio iónico) y biológico (sustento de Organismos).
Disminución de los organismos del suelo.	Alteraciones en la evolución de la materia orgánica, edafogénesis y fijación del nitrógeno.
Reducción excesiva de la biomasa y pérdida de biodiversidad natural.	Invasión de especies vegetales específicas de suelos degradados.
Aceleración de la erosión del suelo tanto causada por el agua como por el viento, por alteración del suelo y vegetación.	Erosión hídrica y eólica, como consecuencia de la menor cobertura vegetal.
Compactación del suelo, por el uso de maquinaria o labores inadecuadas, o sobrepastoreo.	Disminución de la porosidad, de la capacidad de infiltración y de la capacidad de retención de humedad.
Deterioro, incluso pérdida, de la estabilidad estructural del suelo y tendencia a la	Se incrementa los valores de las escorrentías

Dannier García Quintana

formación de costras.	superficiales y su potencial erosivo.
Transferencias de materiales edáficos y nutrientes de las partes altas de las laderas a las bajas.	Eliminación de los horizontes superficiales en las partes elevadas de las laderas.
Acumulación de sedimentos y nutrientes al pie de las laderas, vaguadas, lechos fluviales y embalses.	La acumulación puede convertir en improductivo el suelo cubierto, o puede colmatar embalses.
Aumento de la pedregosidad por transporte de los materiales más fino del suelo.	El suelo puede llegar incluso a quedar cubierto en superficie totalmente de piedras.
Disminución del espesor del perfil edáfico. Incluso puede aflorar en superficie el material parental.	Deja patente en el paisaje un vistoso mosaico de colores, por truncamiento de los horizontes superiores. Pérdida de suelo fértil en las zonas altas. Alteración de la infiltración en el perfil edáfico.
Pérdida de los materiales más finos superficiales. Pérdida de la base de sustentación de las raíces de las plantas.	Presencia de columnas, pedestales y montículos de erosión. En árboles pueden aparecer las raíces al aire.
Incisiones de diversa magnitud en el terreno.	Surcos, cárcavas, y barrancos.
Hundimientos y socavones por remoción y evacuación de material por conductos debajo del suelo.	Subfusión o piping.
Topografía abarrancada	Badlands.
Contaminación del suelo. Salinización y alcalinización del suelo. Acidificación.	Pérdida de fertilidad. Contaminación de aguas superficiales y acuíferos.
Ocupación del suelo por obras e infraestructuras.	Pérdida horizontal de suelo fértil.
Incendios forestales provocados.	Pérdida de biodiversidad y de suelo fértil. Alteración del equilibrio en el ecosistema edáfico.
Perturbación en la regulación del ciclo hidrológico.	Reduce la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo y agravar los efectos de la sequía. Puede haber mayores riesgos por inundación y avenidas.
Degradación de los recursos hídricos.	Reducción del agua disponible debido a la alteración del

	ciclo hidrológico y a la sobreexplotación de acuíferos. Desaparición de fuentes y manantiales y de los humedales y fauna a ellos asociados
--	--

### **1.5 Investigaciones precedentes.**

La búsqueda y revisión bibliográfica estuvo orientada en función de los trabajos realizados sobre el tema.

#### **Investigaciones realizadas a nivel mundial.**

Se consultaron numerosos trabajos publicados a nivel mundial principalmente relacionados con el estudio de la degradación con el objetivo de emplear métodos para su tratamiento y mejoramiento de estos suelos que han sido afectados por este proceso.

Yazbek Bitar, (1997), en Brasil se realizó un trabajo por parte del Instituto de Pesquisas Tecnológicas del Estado de São Paulo (IPT) sobre la recuperación de áreas degradadas por la minería en áreas urbanas. Siendo particularmente acentuadas en las regiones de São Paulo, Río de Janeiro, Belo Horizonte, Salvador, Recife, Belén, Curitiba, Porto Alegre, Manaus y otras. Se suman a este grupo los casos especiales de ciudades que crecen como resultado directo de la minería, b como Criciúma (carbón) y Itabira (hierro), que hoy conviven con el desafío de recuperar sus áreas degradadas. En síntesis se puede finalmente mencionar algunas de las necesidades fundamentales de la actividad minera urbana, que constituyen desafíos actuales, sobre todo en la fase de la potencial contribución a la sustentabilidad ambiental de las ciudades. Estas son : planificación eficiente de la recuperación de las áreas degradadas , la mejoría significativa de las prácticas actuales en las minas activas, incluyendo el control pro-activo de los impactos ambientales negativos y promoción de la innovación tecnológica e implementación de sistemas de gestión ambiental, gestión de las instalaciones de usos post-minería, incluyendo la promoción de modalidades sustentables de uso del suelo , monitoreo de las áreas desocupadas o con usos temporarios, contención de la ocupación desordenada en áreas degradadas, seguimiento de los usos instalados y responsabilidad por la recuperación de áreas degradadas. Así como la reducción de conflictos de los asentamientos humanos, viabilización del reciclaje y uso de residuos y la gestión integrada y participativa de los recursos minerales.



Martínez. B; et al., (2001), mediante una técnica de teledetección detecta cambios en la cubierta vegetal tanto esporádicos como continuos a partir del seguimiento multitemporal de imágenes a escala regional usando el NOAA- AVHRR. Esta metodología se utilizó fundamentalmente en zonas áridas y semiáridas, consideradas como zonas muy sensibles a unos de los procesos de degradación más destructivos del suelo y la vegetación, el proceso de desertificación.

Abraham; Elena M. (2002), analiza el proceso de desertificación, sus causas y efectos, su extensión e importancia económica. Describe las acciones y funciones de la Convención Internacional de Lucha contra la desertificación (UN CCD); el impacto de la desertificación en Argentina, en particular en la provincia de Mendoza, lo analiza en detalle y describe las políticas y acciones para impedir el avance de la desertificación.

Santibáñez Quezada; Fernando, Paula Santibáñez Varnero (2003), aplican sistemas operacionales de monitoreo de la desertificación en una zona árida del Cono Sur, (Limarí, Chile). Realizan el desarrollo de monitoreo mediante metodologías simples, permitiendo traducir en un lenguaje de números e imágenes las situaciones críticas desde el punto de vista ambiental y social.

Barbut Monique.; et al. (2009), describen el enfoque estratégico del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (FMAM) en la lucha contra la degradación de la tierra y reflejan muchos de los principios fundamentales que guían las inversiones en Gestión Sostenible para la Tierra (GST).

### **Investigaciones realizadas en Cuba.**

Martínez A., et al, (2001, 2003) realizan una investigación sobre las causas y efectos de la degradación del suelo en un agrosistema dedicado al cultivo del tabaco en este territorio. Los análisis realizados consistieron en el estudio integral al suelo, donde se evaluó el estado de las propiedades químicas y físicas e identificaron los procesos de degradación del suelo y las causas de su origen. Para ello se empleó el Manual de levantamiento de suelos, Manual de evaluación para el mapa 1: 25 000 y la Metodología para la determinación de los factores limitantes campo a campo, Instituto de suelo), la nueva versión de la clasificación genética de suelos de Cuba (Hernández et al (1999), y el método del perfil patrón. Para el análisis estadístico el método de las parejas, Lerch. G

(1977). Además se estudiaron del clima, las variables precipitación y temperatura, comportamiento anual desde 1970 hasta 2003; la composición florística de la vegetación, % de cobertura al suelo y aporte de biomasa, así como el uso y manejo de suelo. Las principales causas de la degradación fueron: Inadecuadas prácticas de preparación del suelo y largos periodos de exposición durante el laboreo a los agentes del intemperismo, laboreo del suelo en fecha de ocurrencia de altos volúmenes e intensidades de precipitación, en particular, septiembre, escasos aportes de enmendantes orgánicos al suelo para su mantenimiento y mejora, poca protección del suelo a los agentes del intemperismo, especialmente, en el periodo de máximos acumulados e intensidades de precipitaciones (mayo – septiembre), uso intensivo de la práctica del monocultivo del tabaco y no aplicación de medidas de conservación y mejoramiento del suelo. Como los principales factores se señalaron la pérdida de la profundidad efectiva del suelo, reducción de la fertilidad natural, incremento de la acidez, disminución de los contenidos de materia orgánica del suelo y la reducción de los rendimientos del cultivo.

Carreño-Vega et al, (2005), presentan una síntesis formalizada de los diferentes enfoques de los métodos empleados para evaluar la erosión, los datos que requieren y el tipo de resultado que brindan, con el objetivo de ponerlas a disposición de los especialistas dedicados a esta temática de investigación teniendo en cuenta que hasta el presente, en Cuba está muy limitado el empleo de algunas de las metodologías, que tienen amplio uso a nivel mundial. En Cuba el método geográfico - comparativo, ha sido el más empleado en los estudios de erosión utilizando en calidad de patrones, perfiles típicos de cada agrupamiento. Sólo en años recientes se han incorporado a las investigaciones los modelos de erosión, fundamentalmente la USLE y la cartografía temática de factores. La evaluación de la erosividad de la lluvia en general se realiza sin considerar la energía cinética o algunos de los índices de agresividad climática ampliamente reconocidos en la literatura mundial especializada.

Milan-Milan et al (2012), diseñan un procedimiento para rehabilitar las áreas afectadas por la minería en yacimientos piríticos polimetálicos cubanos, explotados a cielo abierto, que constituyen pasivos ambientales mineros y fuentes potenciales de degradación del medio. En la metodología de esta investigación se realizó una caracterización minero – ambiental del área y un inventario de las principales fuentes contaminantes generadoras de la degradación. También se evaluó el impacto sufrido por las corrientes de aguas superficiales debido al drenaje ácido de las minas ; para ellos se tomaron muestras de

Dannier García Quintana

agua de sedimentos de fondo y se analizaron químicamente en el Laboratorio Central de Minerales Isaac del Corral .A modo de conclusión se determinó que la investigación realizada permitió elaborar un procedimiento basado en el análisis de 28 indicadores de las variables ambientales, seleccionados por los expertos y que determinan la elección del tipo de rehabilitación aplicable en áreas degradadas por la actividad minera en yacimientos piríticos polimetálicos explotados a cielo abierto. Se creó una herramienta informática para ayudar a la toma de de los responsables de la rehabilitación minero-ambiental de yacimientos piríticos polimetálicos explotados a cielo abierto.

### **Investigaciones realizadas en el territorio de Moa.**

Raposo- Vallejo. O; Vargas Martínez .A (2000) realizaron una investigación sobre la metodología para la cartografía digital de la erosión hídrica del suelo en un sector del municipio de Moa. La erosión hídrica es la principal y más importante causa de pérdida del suelo en la región minera de Moa, donde se reforestan grandes áreas de terreno, dejando el suelo desnudo. Se estableció una metodología para el cartografiado digital de la erosión hídrica, empleando unidades discretas, la cual facilita la utilización de los resultados y mejora considerablemente el grado de precisión de la estimación .Un logro importante de esta metodología es la estimación del error global de cálculo de la erosión, cuestión que da un criterio muy importante de la posibilidad de aplicación y forma de utilización de los resultados alcanzados. Como resultado se obtiene una capa raster que caracteriza la pérdida anual de suelo por erosión hídrica, expresadas en toneladas erosionables en una hectárea de relieve para toda el área industrial de Moa y zonas aledañas, incluyendo casi la totalidad de los yacimientos lateríticos de níquel de la región.

López –Correa Porfilio (2003) realizó una investigación sobre el estudio de la erosión en cárcavas en áreas degradadas del sector este del Parque Nacional Alejandro de Humboldt. Uno de los problemas que afectan en la actualidad las labores de conservación dentro del Parque Nacional Alejandro de Humboldt, es la erosión de los suelos, particularmente la producida por la acción concentrada de las aguas de escorrentía pluvial, que dan lugar a las cárcavas con la consiguiente degradación de las áreas; es por ello que el interés por combatir dichos procesos degradantes se incrementa, cobrando vigencia la necesidad de aplicar métodos adecuados y científicamente fundamentados, a fin de establecer un correcto manejo bajo el principio de la sostenibilidad, que permita la recuperación y conservación de los georecursos afectados. Se aplicaron tres métodos

mecánicos para controlar la erosión; El Ensayo de diferentes hidrotecnias, Aterramiento y relleno de cárcavas con restos de podas y la Revegetación. Al terminar la investigación llegaron a la conclusión que el Sector Este del Parque Nacional Alejandro de Humboldt, presenta disponibilidad de recursos laborales para ejecutar las diferentes medidas de protección en las áreas degradadas por la erosión en cárcavas.

Gómez –Muñoz et al (2004), presentaron una investigación sobre la cinética de oxidación térmica de sulfuros mixtos de níquel y cobalto. En este trabajo la degradación tuvo su papel, degradando los sulfuros superiores y de los sulfatos hasta convertirlos en óxidos la cual ocurre mediante el modelo de crecimiento bidimensional G1, siendo la etapa limitante la velocidad de difusión de los productos gaseosos a través de la capa de óxido en formación.

Fernández-Rodríguez. Y (2012) realiza un estudio sobre los factores que influyen en la desertificación en el sector Cerro Miraflores- Playa La Vaca, municipio Moa. La aplicación de métodos de cartografía geológica y descripción de afloramientos, orientada a la determinación de procesos geológicos y las prácticas de la actividad humana que se ejerce sobre el medio; el procesamiento de la información se realiza con métodos de cartografía digital. Como resultados se describen los factores que contribuyen al proceso de desertificación; el uso del suelo en algunas áreas ha eliminado la vegetación natural y transformado el medio, disminuyendo la fertilidad de los suelos y dañando cursos fluviales; en zonas de altas las pendientes los procesos erosivos son más intensos y la densidad de vegetación disminuye en los sectores de mayor altitud, pendientes y donde han sido afectados por incendios forestales.

# **CAPÍTULO 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES Y LOCALES DEL TERRITORIO.**

## **Introducción**

En este capítulo se exponen los principales rasgos fisiográficos, económicos y geológicos de la región de estudio con el objetivo de obtener una base informacional referencial y actualizada acerca de los rasgos fisiográficos y económicos de la región de estudio. El macizo Mayarí- Baracoa representa un importante elemento de la geografía cubana. Los rasgos geológicos están marcados por el predominio de rocas del complejo ofiolítico y rocas volcánicas que datan del Cretácico al Eoceno. La exhaustiva revisión y análisis de la bibliografía existente, ha permitido recoger los principales elementos físicos-geográficos y geológicos de la zona de estudio.

## **2.1 Características físico – geográficas.**

### **2.1.1 Ubicación geográfica.**

El área de estudio se encuentra enmarcada en la zona central del municipio de Moa, el cual se ubica hacia el noreste de la provincia de Holguín, limitado al norte con el Océano Atlántico, al sur con el municipio de Yateras, por el este con el municipio de Baracoa y al oeste con los municipios de Sagua de Tanamo y Frank País. Según el sistema de Lambert el área de estudio se localiza entre las coordenadas siguientes: X1: 700652  
X2: 708474                      Y1:206227                      Y2:219965

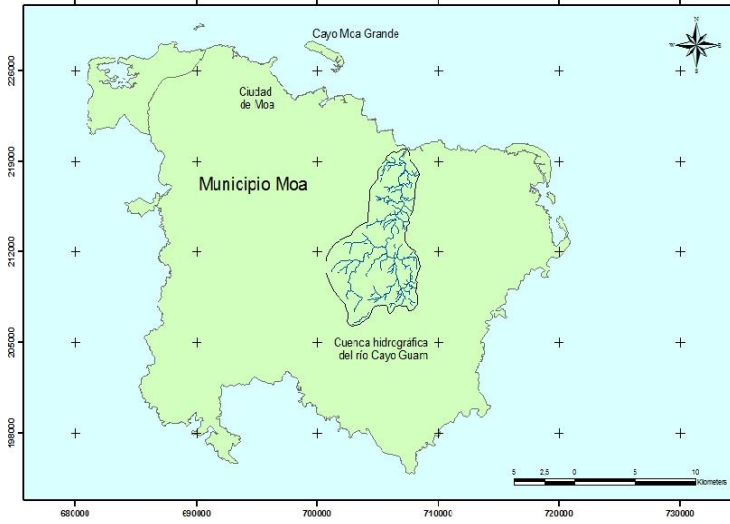


Figura 2.1 Ubicación geográfica de la cuenca de Cayo Guam.

### **2.1.2 Relieve.**

La

región dentro de la cual se enmarca el área de estudio forma parte del grupo orográfico Sagua – Baracoa, lo cual caracteriza un relieve de tipo montañoso, hacia el oeste representado por el Cerro Miraflores. Hacia el este se extiende una zona de llanura con cotas máximas no mayores de 120m que se extienden hasta la zona litoral de área.

### **2.1.3 Hidrogeología.**

La red fluvial es densa y dendrítica hacia el oeste, representada por numerosos ríos y arroyos permanentes, entre los que se encuentran los ríos Cabaña, Cayo Guam, Cananova, Arroyo Aserrío, entre otros. La fuente de alimentación principal son las precipitaciones atmosféricas, desembocando las arterias principales en el Océano Atlántico, formando deltas cubiertos de sedimentos palustres y vegetación típica de manglar.

### **2.1.4 Clima.**

La región presenta un clima tropical con abundantes precipitaciones, siendo una de las áreas de mayor pluviometría del país. La misma se encuentra estrechamente relacionada con el relieve montañoso que se desarrolla en la región y con la dirección de los vientos alisios provenientes del Océano Atlántico cargado de humedad.

#### ***Precipitaciones:***

Las precipitaciones de la región de estudio son abundantes, estando estrechamente relacionados con el relieve montañoso que presenta la misma (figura 2.2). Los datos de lluvias fueron tomados por el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos del municipio de Moa, el cual cuenta con valores tomados a partir del año 2000 hasta el 2007, encontrándose ubicados los pluviómetros utilizados según el sistema de coordenadas Lambert como se describe en la tabla 2.1. Los meses más lluviosos son los de Noviembre y Diciembre y los más secos Febrero, Abril y Junio.

#### ***Temperatura:***

Los datos de temperatura fueron tomados de la Estación Hidrometeorológica "El Sitio". Esta estación está ubicada en las coordenadas N: 218,6; E: 621, 2 y registradas con el Número 1678. Según observaciones realizadas en los años 1985-1990, se evidencia que en los meses más calurosos son desde Julio Hasta Septiembre, lográndose temperaturas de 27,1; 29,0 y 30,5 °C respectivamente, mientras que los más fríos son Enero-Febrero, Danner García Quintana

con temperaturas promedios de 22,6 y 23,2 °C respectivamente.

### **2.1.5 Vegetación.**

El municipio forma parte del sistema montañoso Moa – Baracoa, el mismo representa la zona de mayor biodiversidad del país con un 68% de especies autóctonas (Reyes y del Risco, 1993). El área sur del municipio queda englobada dentro de una reserva de la biosfera declarada por la UNESCO en el año 1998. La vegetación presente en el área es variada, encontrando formaciones vegetales tales como: pinares, bosque en galería, arbustivo xeromorfo subespinoso (charrascal) y vegetación secundaria.

En estos suelos se desarrolla el pino cubensis (pino de Moa) y plantas latifolias (figura 2.4), muchas de ellas endémicas de esta región, formando bosques típicos sobre las laderas, las cuales alternan de pinares a bosques latifolios o una mezcla de ambos y de nuevo a pinares en forma cíclica.



Figura 2.2 Vegetación típica desarrollada en Moa.

En el municipio de Moa tenemos una situación particular, siendo la vegetación del mismo muy característica, por lo que ha evolucionado una flora muy típica que comprende el 33 % de todos los endemismos cubanos, en la cual podemos encontrar pinares, pluvisilvas charrasco y bosques de galerías. La vegetación de estos suelos se mantiene por la elevada humedad y por los mecanismos de conservación de los nutrientes que los mismos han desarrollado, predominando el pinus cubensis y plantas latifodias, endémicas de la región. Debe destacarse que los pinares presentan hojas en forma de agujas con alturas que oscilan entre 20 y 30 m, con una cobertura que constituye entre el 80 y el 90 % de la superficie. Entre los principales exponentes presentes en la región, incluimos los siguientes:

Dannier García Quintana



- *Pinus Cubensis*
- *Jacarandá Arbóreo* (Abey, Framboyán azul).
- *Clusia Rosea* (Copey).
- *Cacaloba Shafan* (Uvilla).
- *Euphorbia Helenae* (Jazmín del Pinar).
- *Bactris Cubensis* (Pajua).
- *Arthrostylidium ssp* (Tibisi).

Esta es la vegetación más importante y explotada económicamente, es muy valiosa en la biodiversidad y en la ecología por constituir una flora generadora de suelo. De estas especies 17 son exclusivas de Moa, 5 en peligro de extinción y 20 vulnerables a la desaparición.

#### **2.1.6 Suelos.**

Existe variedad de suelos producto al clima, la vegetación y la morfología. En la zona costera baja aparecen ciénagas con un terreno carmelita grisáceo, muy arcillosos y con un alto contenido de material orgánico. En las riberas de los ríos aparecen suelos aluviales de diferentes tamaños y colores. En el territorio predominan los suelos aluviales formados de la meteorización de las rocas serpentinizadas y graboides. Estos suelos pueden alcanzar potencias considerables de más de 50 m en bolsones situados en zonas tectónicas. En sentido general, las cortezas más potentes se desarrollan en las partes inferiores de las laderas con pendientes suaves y aplanadas en forma de mesetas. En las cimas más elevadas, los suelos son pardos, violetas, rojos y amarillentos. Estos no fueron sometidos a un proceso de sumersión, lo que puede probarse porque muchas plantas primitivas se conservan, han evolucionado, adaptándose a estos terrenos. La composición química de estos terrenos, ricos en distintos minerales pesados, lo hacen poco fértil, dificultando la alimentación de la población en lo que respecta a los productos del agro. El drenaje superficial y subterráneo en estos suelos son buenos y en ocasiones excesivos, lo que unido a sus características físico-mecánicas y las intensas precipitaciones y el tectonismo del terreno, dan lugar a la fuerte erosión laminar y en cárcavas (Edmon, 1996).

### **2.1.7 Sismicidad.**

El territorio de la región oriental cubana, y fundamentalmente su margen suroriental, limita con la zona de interacción interplacas Caribe - Norteamericana, a lo largo de la fosa profunda de Bartlett, eje principal de la endogénesis del Caribe septentrional, siendo la causa de la frecuente afectación sísmica de esta región. Algunos de ellos, de gran fuerza destructora, han afectado en varias ocasiones la ciudad de Santiago de Cuba, (al Suroeste del territorio de Moa), desde su fundación como Villa en 1514. Debido a la complejidad de la geología y la tectónica de Cuba, dentro de la región del Caribe, la sismicidad presenta dos génesis diferentes: la primera asociada a la frontera entre la placa norteamericana y Caribe. Es aquí, donde ha ocurrido el mayor número de sismos, incluyendo los de mayores magnitudes hasta el momento. A este tipo de sismicidad en la práctica sismológica se le llama: "de entre placas".

La región de estudio se encuentra localizada al noreste de la provincia Holguín y norte y noreste de la provincia Guantánamo, en lo que podría llamarse una zona de transición entre el límite sur de la placa Norteamericana y los territorios de Cuba pertenecientes al interior de la misma. Esto conlleva a que se presente una sismicidad moderada (Cotilla et al., inédito), debido a la influencia de la principal zona sismogeneradora de Cuba (falla Bartlett - Caimán) y de estructuras de menor orden como la Cauto - Nipe, Cauto - Norte y la parte oriental de la Norte - Cubana.

En el catálogo macrosísmico de la provincia de Holguín (Chuy, 1982), se evidencia, que a una gran parte de los estremecimientos reportados (incluyendo los más fuertes), no se les puede asociar su epicentro dentro de los límites de la provincia, ubicándose los mismos en zonas de mayor potencial sismotectónico, casi siempre Bartlett - Caimán o la porción oriental de la Norte - Cubana (Sabana).

No obstante la frecuente sismicidad de la región suroriental, en los últimos años se ha activado la región de Moa y sus acuatorias septentrionales. El 28 de diciembre de 1998 ocurrió un sismo de magnitud 5,4 en la escala Richter. Desde esta fecha hasta el 4 de julio de 1999 ocurrieron 437 terremotos, de ellos 19 perceptibles; y en el período comprendido entre los días 5 y 16 de julio, se registraron 859 terremotos, de los cuales 16 fueron perceptibles, que considerándolos como un solo ciclo de actividad sísmica suman 1296 terremotos con 35 perceptibles (CESIGMA, 2000). Las magnitudes de los terremotos posteriores al 5 de julio están por debajo de los 3,7 grados Richter, y sus localizaciones más al Sur de los ocurridos en la primera etapa. Las investigaciones realizadas por el Dannier García Quintana

CENAIIS descartaron la existencia de sismicidad inducida por la presa Nuevo Mundo.

Esta actividad sísmica se comportó como una serie de terremotos con liberación cíclica de baja energía, con una magnitud semejante y una gran cantidad de eventos, cuyo origen es de carácter tectónico, estando concentrada junto a la falla Miraflores, límite de los bloques morfoestructurales de Miraflores y Moa. La orientación predominante de los epicentros es NE-SW, lo cual se refleja notablemente en la localización de los sismos perceptibles.

### **2.1.8 Características socioeconómicas.**

La economía de la región permite estar a Moa dentro de los municipios más industrializados del país, no solo por sus riquezas minerales, sino además porque cuenta con dos plantas procesadoras de níquel en producción, la Empresa Comandante Ernesto Che Guevara y la Empresa Pedro Soto Alba. Este renglón constituye el segundo producto exportable del país. Además de estas industrias metalúrgicas, existen otras instalaciones de apoyo a la metalurgia y minería, tales como la Empresa Mecánica del Níquel, Centro de Proyectos del Níquel (CEPRONI), la Empresa Constructora y Reparadora del Níquel (ECRIN). Además de los yacimientos lateríticos, existen los de cromo refractario, clasificado como el mejor de su tipo en el territorio cubano, los mismos se encuentran distribuidos en las cuencas de los ríos Cayo Guam y Yamanigüey. Los graboides y ultramafitas presentes en la región pueden ser empleados como áridos en la industria de materiales de la construcción.

Existen otros organismos de los cuales depende la economía de la región, tales como el establecimiento de la Empresa Geólogo Minera, la Presa Nuevo Mundo, el Tejar, Combinado Lácteo y otros. Existen otros sectores económicos como la ganadería que se desarrolla al sur de la región y la explotación de recursos forestales, siendo abundantes en la zona, siendo un eslabón importante en la economía. La agricultura se encuentra poco desarrollada, aunque se hacen esfuerzos para seguir fomentándola. La pesca se encuentra poco desarrollada.

### **2.2. Características geológicas del territorio.**

La geología de la región se caracteriza por una gran complejidad condicionada por la variedad litológica presente y los distintos eventos tectónicos ocurridos en el decursar del

tiempo geológico, lo que justifica los diferentes estudios y clasificaciones realizadas, basadas en criterios o parámetros específicos según el objeto de la investigación.

En 1989, F. Quintas en su tesis doctoral, realiza la clasificación geológica regional según ocho asociaciones estructuro-formacionales, de las cuales seis se encuentran representadas en el área de investigación. Él se basó en la teoría que explica el origen y evolución de los arcos insulares, así como la formación de las plataformas, las etapas evolutivas y los conjuntos litológicos faciales típicos de cada estadio. En 1996, Iturralde-

Vinent, reconoce en la constitución geológica del archipiélago cubano dos elementos estructurales principales: el cinturón plegado y el neautóctono. El cinturón plegado según el autor, está constituido por terrenos oceánicos y continentales deformados y metamorfozados de edad pre-Eoceno Medio, que ocupan en la actualidad una posición muy diferente a la original, representando las unidades geológicas que lo integran grandes entidades paleogeográficas que marcaron la evolución del Caribe Noroccidental. El autor divide al cinturón plegado en unidades continentales y unidades oceánicas. En Cuba Oriental las unidades continentales están representadas por el Terreno Asunción, compuesto por dos unidades litoestratigráficas bien diferenciadas, la Fm. Sierra Verde y la Fm. La Asunción, constituidas por materiales metaterrígenos y metacarbonatados respectivamente, del Jurásico Superior-Cretácico Inferior, las cuales no aparecen representadas en el área de estas investigaciones.

Las unidades oceánicas están constituidas por las ofiolitas septentrionales, las rocas del arco de islas volcánicas del Cretácico (Paleoarco), las secuencias de las cuencas de *piggy back* del Campaniense Tardío-Daniense, el arco de islas volcánico del Paleógeno y las rocas de las cuencas de *piggy back* del Eoceno Medio-Oligoceno. El neautóctono está constituido por materiales terrígenos carbonatados poco deformados del Eoceno Superior Tardío al Cuaternario que cubren discordantemente las rocas del cinturón plegado.

La sistemática asumida por cada uno de los trabajos antes referidos de forma sintetizada se representa en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1** Litologías presentes en el área de estudio según Quintas F., 1989 | Iturralde-Vinent, 1996.

<b>Litología.</b>	<b>Asociaciones Estructuro Formacionales</b> F Quintas, 1989	<b>Elementos Estructurales</b> Iturralde-Vinent, 1996				
Rocas Ultrabásicas serpentizadas y Complejo básico	AEF de la antigua corteza oceánica	Ofiolitas septentrionales	U n i d a d e s	C I N T U R O N		
Fm. Quibiján	AEF del arco volcánico del Cretácico				Arco volcánico del Cretácico	
Fm. Santo Domingo						
Fm. La Picota	AEF cuencas superpuestas al arco volcánico del Cretácico	Cuencas <i>piggy-back</i> 1 <sup>ra</sup> generación			O	P
Fm. Mícara					c	L
Fm. Sabaneta	Arco volcánico del Paleógeno	Arco de islas volcánico del Paleógeno			e	E
Fm. Capiro	Cuenca superpuestas de la etapa platafórmica	Cuencas <i>piggy-back</i> 2 <sup>da</sup> generación			á	G
Fm. Majimiana Fm. Júcaro Depósitos Cuaternarios	Secuencias terrígeno – carbonatadas de la etapa de desarrollo platafórmico	NEO AUTOCTÓNO				

Iturralde-Vinent divide a las ofiolitas cubanas en: ofiolitas del cinturón septentrional, ofiolitas anfibolitizadas y ofiolitas de los terrenos sudoccidentales; dividiendo al cinturón septentrional en tres fajas principales: Cajálbana, Mariel-Holguín y Mayarí-Baracoa. La faja Mayarí-Baracoa a su vez la divide en tres macizos: Mayarí-Cristal, Sierra del Convento y Moa-Baracoa, al cual pertenecen las ofiolitas objeto de estudio.

El Macizo Moa-Baracoa se localiza en el extremo oriental de la Faja Mayarí-Baracoa. Ocupando un área aproximada de 1 500 km<sup>2</sup> que presenta un gran desarrollo de los complejos ultramáfico, de gabros y vulcano-sedimentario mientras que el complejo de diques de diabasas está muy mal representado, apareciendo las diabasas descritas en la región en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del complejo cumulativo. Se estima un espesor de aproximadamente 1000 metros para el complejo ultramáfico y 500 metros para el de gabros, mientras que para el complejo vulcano-sedimentario se ha estimado un espesor de 1200 metros.

**Complejo de rocas ultrabásicas:** Aflora en toda la porción central y meridional del área y está constituido predominantemente por harzburgitas y subordinadamente dunitas, lherzolitas y piroxenitas. Estas rocas se caracterizan por presentar un grado de serpentización variable, lo cual ha sido objeto de contradicción y explicado de modo diferente por varios investigadores, llegando incluso a considerarse el proceso como una manifestación de autometamorfismo de las intrusiones. Sin embargo, ha predominado el criterio de procesos dinamo-metamórficos durante la elevación y emplazamiento de las grandes masas peridotíticas a la superficie en presencia de agua, ya que la serpentización, como se ha señalado en diversas investigaciones se desarrolla más intensamente hacia los bordes de los macizos sobre todo, en los límites tectónicos de sobrecorrimiento de estos sobre las rocas autóctonas, en las zonas de fallas interiores de los macizos y en las zonas de contacto con las rocas básicas. Las rocas de este complejo se caracterizan por presentar un color verde oscuro o gris verdoso y por un alto grado de agrietamiento.

**Complejo máfico:** Está representado por gabros olivínicos, gabro-noritas, anortositas y gabros normales de diferentes granulometrías. Los cuerpos de gabro tienen una estructura de grandes bloques y la mayoría de éstos se disponen en las zonas periféricas del complejo ultramáfico. En el sector Moa-Baracoa están representados dos tipos de

gabros, los llamados gabros bandeados y los gabros masivos en las partes más altas del corte. En el área de estudio el más común es el gabro normal de color oscuro algo verdoso con textura masiva o fluidal. Estas rocas presentan alteraciones superficiales en forma de finísimas irregularidades semejantes a un micro relieve cársico, originadas por la meteorización diferencial de los minerales que las componen entre los cuales están los piroxenos monoclinicos, plagioclasas básicas y en menor grado olivino y piroxenos rómbicos.

En la región de estudio los gabros afloran siempre asociados a las serpentinitas, apareciendo en forma de bloques en las zonas de Quesigua-Cayo Guam-Mercedita, Centeno-Miraflores y Farallones-Caimanes.

**Complejo de diques de diabasas:** Está muy mal representado, apareciendo las diabasas descritas en la región en forma de bloques tectónicos incluidos en los niveles de gabros, sobre todo en la parte superior del complejo cumulativo.

**Complejo vulcano-sedimentario:** Esta en contacto tectónico con los demás complejos del corte ofiolítico y está representado por la formación Quibiján, constituida por rocas vulcano-sedimentarias intruidas por gabro-pegmatitas, dioritas y diabasas. En la base se encuentran lavas y lavas-brechas, aglomerados y tobas gruesas de composición basáltica y basáltico-andesítica. En su conjunto son de color negro o verde oscuro. Las lavas son amigdaloidales, con amígdalas rellenas de cuarzo y clorita. La porción media superior de la formación se compone de lavas, lavas-brechas, tufo-lavas y en cantidades subordinadas tobas lapillíticas, las cuales se caracterizan por presentar una estratificación gruesa, a veces gradacional. La edad aún se desconoce, ya que no se han encontrado fósiles que puedan revelarla. Algunos autores le asignan una edad Cretácico Inferior - Superior. Aflora en la región de Farallones, al sur de Yamanigüey y en un pequeño bloque de Cupey.

**Formación Santo Domingo:** Única representante del arco volcánico cretácico en el área, está constituida por tobas, lavas y aglomerados, apareciendo pequeños cuerpos de pórfidos dioríticos, andesitas y diabasas. Se incluyen además en esta formación las calizas pizarrosas finamente estratificadas y muy plegadas de color grisáceo. Las tobas ocupan más del cincuenta por ciento de la formación, apareciendo en la parte superior preferentemente, siendo comunes las variedades cristalovitroclásticas y vitroclástica. Las

lavas aparecen en ocasiones con textura amigdaloidal, predominando las variedades porfidíticas, yaciendo en forma de mantos interestratificados casi concordantes con las tobas. A menudo, junto con las lavas se observan aglomerados de composición entre dacítica y andesítica, muy alterados. Se le asigna una edad Cretácico Aptiano - Turoniano. Aflora en la región de Farallones - Calentura y en una pequeña área en la localidad de Centeno.

.Pertenece a la cuencas de piggy-back de la primera generación del Cretácico Superior al Paleoceno Inferior, afloran en el área las formaciones La Picota y Mícara, de tipo molásico y flyschoides, acumuladas en algunos casos en zonas de intensa actividad tectónica, por lo que localmente pueden aparecer muy deformadas y formar parte de melanges.

**Formación Mícara:** está compuesta de facies terrígenas y terrígenas carbonatadas de edad Maestrichtiano-Daniano. La secuencia inferior es de tipo molásica y la superior de tipo flysch. El límite inferior no se ha observado, pero se supone discordante sobre la formación Santo Domingo. En la zona de Cananova, Quintas reportó esta formación compuestas por areniscas de granos medios, con intercalaciones olistostrómicas compuestas de areniscas y gravelitas, con bloques de diversos tamaños de rocas ígneas básicas. Aflora en la zona de Los Indios de Cananova y borde suroeste del cerro de Miraflores.

**Formación La Picota:** Tiene una composición muy variable en cortas distancias, a veces con apariencia brechosa y en ocasiones conglomerática, presentando en proporciones variables la matriz y el cemento, este último carbonatado. Existen dudas en algunas regiones donde afloran brechas muy cataclastizadas formando parte de los melanges acerca de su pertenencia a esta formación o si son brechas tectónicas. De acuerdo a las características de esta formación se estima que la misma se acumuló a finales del Cretácico e incluso en el Paleoceno inicial, asociada al emplazamiento de las ofiolitas, que constituyeron su principal fuente de suministro. Aflora en la base de la Sierra del Maquey y en la meseta de Caimanes.

La actividad volcánica del Paleógeno estuvo restringida fundamentalmente a la parte oriental de la isla, estando representada por las rocas del Grupo El Cobre y la formación Sabaneta de origen vulcano-sedimentario, aflorando sólo esta última en el área de estudio.

Dannier García Quintana



**Formación Sabaneta:** Está constituida por rocas vulcanógenas-sedimentarias de granos finos, frecuentemente zeolitizadas o montmorillonitizadas, con intercalaciones de calizas, silicitas, tobas cloritizadas y rara vez basaltos.

En Farallones el corte está compuesto por tobas vitroclásticas y cristalolitoclásticas zeolitizadas, en menor grado argilitizadas, tufitas, calizas, radiolaritas, tobas vítreas y tobas cineríticas. Las calizas tobáceas y tufitas aparecen regularmente hacia la parte alta de la formación. La estratificación es buena, siendo frecuentemente gradacional.

En Los Indios de Cananova, en la base de la formación se intercalan areniscas de granos gruesos y algunas brechas, donde fueron encontrados fósiles que indican una edad Paleoceno-Daneano. Aflora en un área extensa de la región de Cananova hasta Farallones y en un pequeño bloque en Yamanigüey.

Pertenciente a las cuencas superpuestas o *piggy-back* de la segunda generación aflora en el área la formación Capiro compuesta por areniscas, aleurolitas y margas bien estratificadas con intercalaciones de conglomerados finos compuestos por cantos de serpentinitas, calizas y cristaloclastos de piroxeno y cuarzo. Hacia la base de la formación se localizan olistostromas de bloques de serpentinitas muy alteradas y diabasas. En muchos lugares se observa una clara gradación de conglomerados y areniscas. Los olistolitos de calizas organodetríticas contienen fragmentos de serpentinitas, cuarzo y hematita. Se le asigna una edad Eoceno Superior. Aflora en la región de Yamanigüey formando una franja a lo largo de toda la costa.

**Neautóctono:** Constituido por secuencias sedimentarias donde predominan las rocas carbonatadas sobre rocas terrígenas, depositadas en régimen de plataforma continental, aparece representado en la región por las formaciones Júcaro y Majimiana que yacen discordantemente sobre las unidades del cinturón plegado. Estructuralmente estas secuencias se caracterizan por su yacencia monoclinas suave u horizontal, con algunas perturbaciones en las zonas donde existen dislocaciones jóvenes.

**Formación Júcaro:** Está constituida por calizas margosas poco consolidadas y a veces por margas de edad Oligoceno-Mioceno. Aflora por toda la costa en la región de Cananova y Yamanigüey.

**Formación Majimiana:** Está constituida por calizas organodetríticas típicas de complejos arrecifales y bancos carbonatados con intercalaciones de margas. Las secuencias de esta formación presentan bruscos cambios faciales en cortas distancias, conteniendo una abundante fauna de foraminíferos bentónicos y planctónicos, lo que ha permitido asignarle una edad Oligoceno Superior hasta el Mioceno. Aflora en la región de Yamanigüey, formando una franja por toda la costa.

Sobre todas las litologías antes descritas se encuentran los depósitos cuaternarios que constituyen una cobertura prácticamente continua de génesis predominantemente continental de pocas variaciones diagenéticas y pequeño espesor.

**Depósitos Cuaternarios:** Estos depósitos están constituidos por calizas organodetríticas con gran contenido de fauna, predominando los moluscos contemporáneos. Aparecen también aleurolitas calcáreas, arenas margosas y arcillas. Los depósitos ubicados en los márgenes, cauces y desembocaduras fluviales están constituidos por bloques, cantos rodados, gravas, arenas, aleurolitas y arcillas derivadas de la erosión fluvial. Constituyen una cobertura prácticamente continua en forma de franja a lo largo de la costa y discontinua en las partes interiores.

### **2.2.1 Sistemas de Fallas**

En los estudios tectónicos precedentes del territorio se han reconocido dos sistemas de estructuras disyuntivas que corresponden a cada uno de los períodos de la evolución geotectónica (Batista, J, 1998) (Rodríguez, 1999). Algunas de las principales son:

**Falla Los Indios:** En varios puntos esta estructura aparece cortada y desplazada por fallas de dirección norte-noreste. Su trazado es en forma de una línea curva cóncava hacia el oeste-sudoeste con un rumbo que oscila entre los 10° y 30° oeste en los diferentes tramos que la conforman.

**Falla Moa.** Es la estructura de mayor extensión y su trazo corresponde con una línea cóncava hacia el este con el arco mayor en la zona de Calentura, Haciéndose más recta hacia el norte con una dirección de N48°E, mientras que en su parte meridional tiene un rumbo N25°W.

**Falla Quesigua:** Se expresa a través de un arco con su parte cóncava hacia el este nordeste, manteniendo en su parte septentrional, donde su trazo es más recto un rumbo N10°E y en la meridional, N40°W.

Dannier García Quintana

**Falla Maquey:** Asume un rumbo N65°E por más de siete kilómetros hasta Calentura abajo donde se cruza con las fallas Moa y Caimanes. En su parte más occidental mantiene una orientación N78°E siendo cortada y desplazada por estructuras de orientación noroeste.

**Falla El Medio:** Con un rumbo aproximado de N40°E. Al igual que la Falla Cananova, origina un alto cizallamiento de las rocas a través de todo su trazo.

**Falla Cayo Guam:** Con una dirección N15°W, se extiende desde la parte alta del río de igual nombre esta estructura aparece cortada y desplazada en varios tramos por fallas de dirección noreste y sublatitudinales.

**Falla Miraflores.** Se extiende en forma de arco cóncavo hacia el este-noreste con un trazo casi paralelo a la falla Moa, con un rumbo N25°W desde el límite sur del área hasta Cayo Chiquito y desde aquí hasta Punta Majá con una orientación N35°E.

**Falla Cabaña.** Orientación N70°E hasta la zona de Zambumbia donde es truncada por un sistema de fallas submeridionales En las cercanías de Centeno esta estructura es cortada y desplazada por la falla Cananova tomando una orientación N56°E.

**Falla Cananova.** Presenta rumbo predominante N53°W. Es cortada en diferentes puntos por estructuras submeridionales, caracterizándose toda la zona de falla por el grado de cizallamiento de las rocas que corta.

### **2.2.2. Características geomorfológicas.**

Genéticamente el relieve de Moa y sus áreas adyacentes está clasificado dentro del tipo de Horst y bloques que corresponden a los cuerpos de rocas ultrabásicas elevadas en la etapa neotectónica a lo largo de dislocaciones antiguas y rupturas nuevas, poco o ligeramente diseccionados Rodríguez, (1998), en su estudio morfotectónico de la región clasificó el territorio en dos zonas geomorfológicas fundamentales: la zona de relieve de llanura y la zona de relieve de montañas, presentando características generales como:

**Zona de Llanuras:** Se desarrolla en toda la parte norte del área ocupando la zona comprendida desde la barrera arrecifal hasta los 100-110 m de altura hacia el sur, originadas por la acción conjunta de diferentes procesos morfogénicos entre los que

predominan los fluviales y marinos. Entre los tipos de llanuras se encuentran las fluviales, marinas y parálidas.

**Zona de Montañas:** Es la zona geomorfológica más extendida dentro del área de las investigaciones, ocupando toda la parte sur y central. Los valores morfométricos así como la configuración de las elevaciones son extremadamente variables en dependencia de las características litológicas y del agrietamiento de las rocas sobre las cuales se desarrolla así como del nivel hipsométrico que ocupan. Teniendo en cuenta esos parámetros el relieve de montaña fue clasificado en cuatro subtipos: premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas, submontañas y premontañas ligeramente diseccionadas, montañas bajas aplanadas ligeramente diseccionadas y montañas bajas diseccionadas.

## **Capítulo 3. Materiales y métodos de estudio de la degradación de los suelos en la cuenca del río Cayo Guam.**

### **Introducción.**

En el presente capítulo se describe la metodología aplicada en la investigación; se explican los métodos para el análisis descriptivo de zonas dañadas y determinación de la pérdida de suelos por factores de degradación. También se explican los métodos de procesamientos e interpretación de los datos de campo.

### **3.1. Trabajos de cartografía geológica.**

La presente investigación se realizó teniendo en cuenta la siguiente metodología. Se seleccionó el área de estudio a partir de los mapas topográficos de Potosí, Punta Gorda Abajo y Calentura y con la visualización de imágenes satelitales, donde se pudo observar e identificar las áreas más "interesantes" para el análisis, ya que existe una declinación marcada en la calidad de los recursos de tierras (como la escasa vegetación), llevando a cabo la degradación de las mismas.

Los trabajos de campo se realizaron con el objetivo de comprobar en el terreno si existían tales cambios y cuál era el comportamiento en cuanto a la evolución de la pérdida de la vegetación.

- Se realizaron marchas de reconocimiento y descripción de los fenómenos geológicos que se desarrollan en la zona de estudio.
- Se describieron los procesos geológicos presentes, así como la existencia de vegetación (en mayor o menor grado), y su densidad en el área.
- Se observó la acción antrópica que se ejerce sobre el medio geológico.

#### **Equipamiento utilizado.**

- Mapas topográficos.
- GPS.
- Mapa geológico.
- Libreta, lápiz y marcador.

### **3.2 Análisis de los factores de degradación.**

Para el análisis del estudio de los factores que relacionan la degradación se parte del incremento de las áreas con baja fertilidad en los suelos como resultado de procesos geológicos y de la intensa explotación del hombre.

#### **3.2.1 Pérdida de la vegetación natural.**

Este factor es el más importante porque a partir de él se detectan las zonas propensas a peligro de desertificación y se evalúan a partir del mismo, los demás factores. En muchos casos los incendios están asociados a la deforestación, cuyo efecto acelerador sobre la desertificación es conocido.

A menudo, la tala es debida a la búsqueda de suelos para implementar monocultivos intensivos altamente demandantes en energía, agua, abonos derivados del petróleo y tóxicos que contaminan las aguas subterráneas y superficiales.

Los factores responsables de la pérdida de la vegetación natural son: la deforestación y los incendios forestales. Hasta el 25% de las emisiones de CO se deben a la tala indiscriminada de árboles. Ésta, a la vez que empobrece el suelo y lo deja desprotegido ante la erosión y la evaporación del agua, contribuye aún más al cambio climático. Al aumentar las sequías y la presión humana sobre el manto forestal, éste se ve en peligro. La intensidad y recurrencia de los incendios forestales está teniendo efectos dramáticos sobre nuestro suelo, con efectos irreversibles en algunos casos. Las elevadas pendientes aumentan, además la erosión; generando suelos cada vez menos productivos.

Para el estudio del desgaste de la vegetación se parte de la clasificación de las áreas cuyas densidades se manifiesten en menor o mayor grado como:

- Ausencia de vegetación.
- Baja densidad de la vegetación.
- Moderada densidad de la vegetación.
- Alta densidad de la vegetación.

### **3.2.2 Análisis de los procesos erosivos.**

Son productos del desarrollo de procesos erosivos y la utilización de las malas prácticas de cultivo en suelos de poca profundidad. El aumento de terrenos poco fértiles, da como resultado la existencia de procesos erosivos; los cuales aumentan en gran medida la eliminación de las capas fértiles de los mismos. Las malas prácticas agrotécnicas en los cultivos han permitido que las tierras sufran procesos de degradación de tipo química, física y biológica.

Se parte del grado de erosión que se está desarrollando en el terreno:

- Erosión
- Erosión en cárcavas
- Erosión-Flujos detríticos
- Flujos detríticos

### **3.2.3 Factor antrópico .**

Otro de los factores que inciden sobre la degradación es el mal uso del suelo a través de la agricultura intensiva, la introducción de monocultivos, el uso de variedades transgénicas, el sobrepastoreo y la presión urbanística.

En este contexto, la agricultura intensiva y el uso de OMG, no sólo son responsables de un grave despilfarro de los recursos hídricos a causa de su mal uso y de la utilización de variedades y plantas no adaptadas a los climas locales, sino también del avance de lo que algunos autores han denominado el desierto verde. Los monocultivos son probablemente los lugares del planeta con menos biodiversidad y, por lo tanto, una forma de desierto.

La utilización inadecuada de la maquinaria pesada; de fertilizantes inorgánicos; de tecnologías de riego a alta presión, así como de pesticidas agrícolas para el control de plagas y enfermedades de los cultivos, ha traído como consecuencia la concentración y extracción indiscriminada de nutrientes sin una consecuente restitución de los mismos y la degradación de los suelos.

De ahí que una parte importante de la tierra se dedique al desarrollo urbano, viales, minería y agricultura, lo que reduce cada vez más las grandes extensiones de los bosques naturales.

A partir de las prácticas del uso que se le aplican a los suelos de la cuenca del río Cayo Guam se pueden categorizar en:

- Área urbana
- Áreas industriales
- Áreas minadas
- Otros usos

### **3.2.4 Forma del terreno.**

La presencia de una topografía más o menos abrupta, determinará la intensidad de la erosión: menos intensa en el llano que en la zona ondulada y en ésta menos que en la alomada, determinará la presencia de erosión laminar, en surcos o en cárcavas.

Este factor es muy importante porque debido al grado de pendiente, será en mayor o menor grado la incidencia de las radiaciones solares sobre los suelos. La desecación, o

el acto de secar, son mayores si la pendiente da cara al sol durante un mayor período de tiempo y aumenta más si el ángulo de la pendiente es perpendicular a los rayos solares.

La profundidad del nivel freático se encuentra relacionada con los niveles a los cuales se encuentre el agua; si existen zonas donde la capa freática es muy profunda las plantas y organismos no podrán obtener la humedad que necesitan para desarrollarse y mueren; por otro lado si está muy cerca de la superficie la salinidad y alcalinidad de las aguas pueden matar los animales y plantas o impedir su proliferación.

A partir de las imágenes tomadas y estudiadas, de la visualización de procesos geológicos y según lo referido anteriormente se clasifica en:

- Zonas de llanuras.
- Zonas de montañas.

### **3.3 Procesamiento de la información.**

#### ***Digitalización y calibración de la información.***

Los programas utilizados en esta investigación fueron el software Didger3 y el software ArcGIS.

- El didger3 se utilizó para digitalizar los mapas topográficos de Punta Gorda Abajo, Potosí Y Calentura, así como los mapas geomorfológicos, de bloques morfotectónicos, tectónicos y geológicos del municipio de Moa mediante herramientas de este programa .y posteriormente ser exportados a formato \*.shp del ArcGIS para realizar montaje y procesamiento de la información digital.

**Vistas (VIEW):** En este programa se digitalizan varios mapas que son esenciales para la investigación. (Figura 3.1).



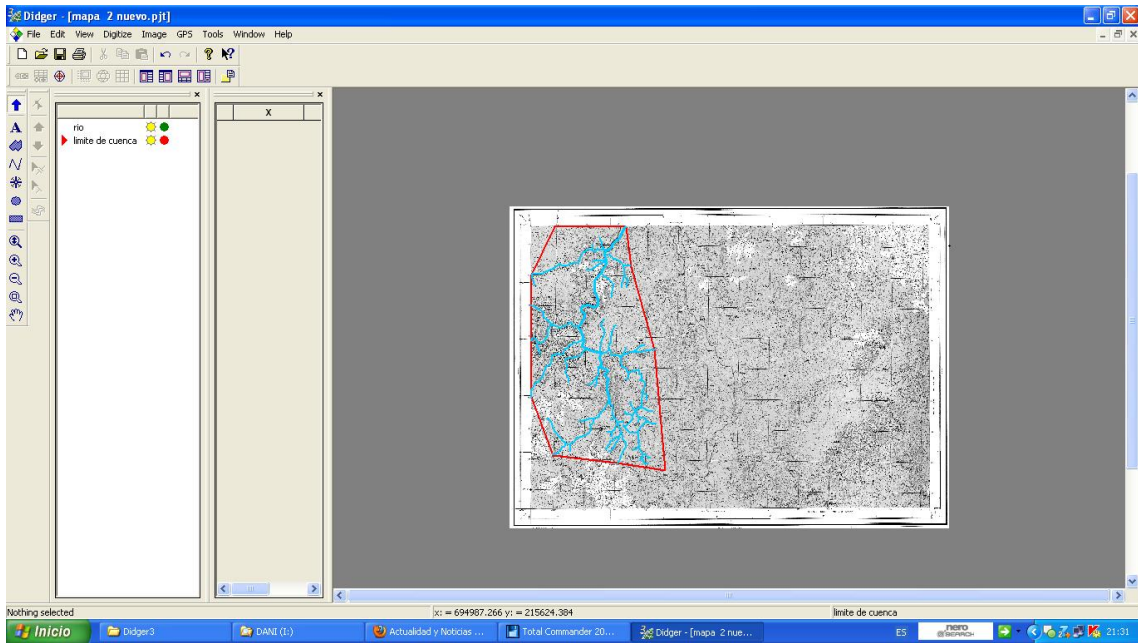


Figura 3.1 Representación de las vistas de los mapas temáticos.

**Tablas** (Data Attribute View) Las tablas se encuentran asociadas a cada tema y contienen información descriptiva. Están formadas por registros que representan características individuales de cada rasgo y por campos que definen las características de todos los elementos, en este caso muestra información acerca de las polilíneas y polígonos digitalizados. (Figura 3.2).

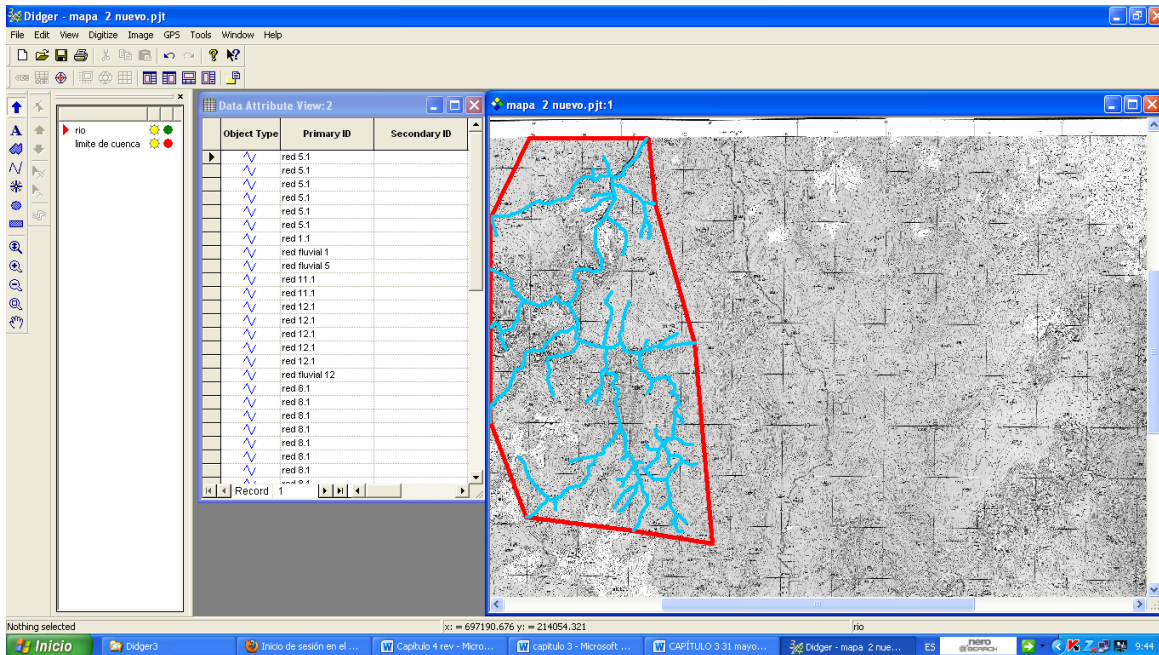


Figura 3.2 representación de atributos en los mapas temáticos.

- En el trabajo se utiliza el software ArcGIS, programa que proporciona técnicas avanzadas de digitalización; se puede usar para convertir mapas, gráficos, fotos aéreas o cualquier otro tipo de información en un formato digital versátil que puede ser utilizado con otro software de Sistemas de Información Geográfica. Toda la información se localiza en un proyecto, el cual está formado por diferentes documentos como vistas, tablas, diagramas o gráficos y presentaciones. La información integrada en el proyecto se almacena en un archivo con extensión \*.mxd. El sistema estructura la información en las siguientes partes:

**Vistas (VIEW):** En él se integran los diferentes mapas, y en esencia es una superposición de todos mapas que conforman el proyecto (Figura 3.3).

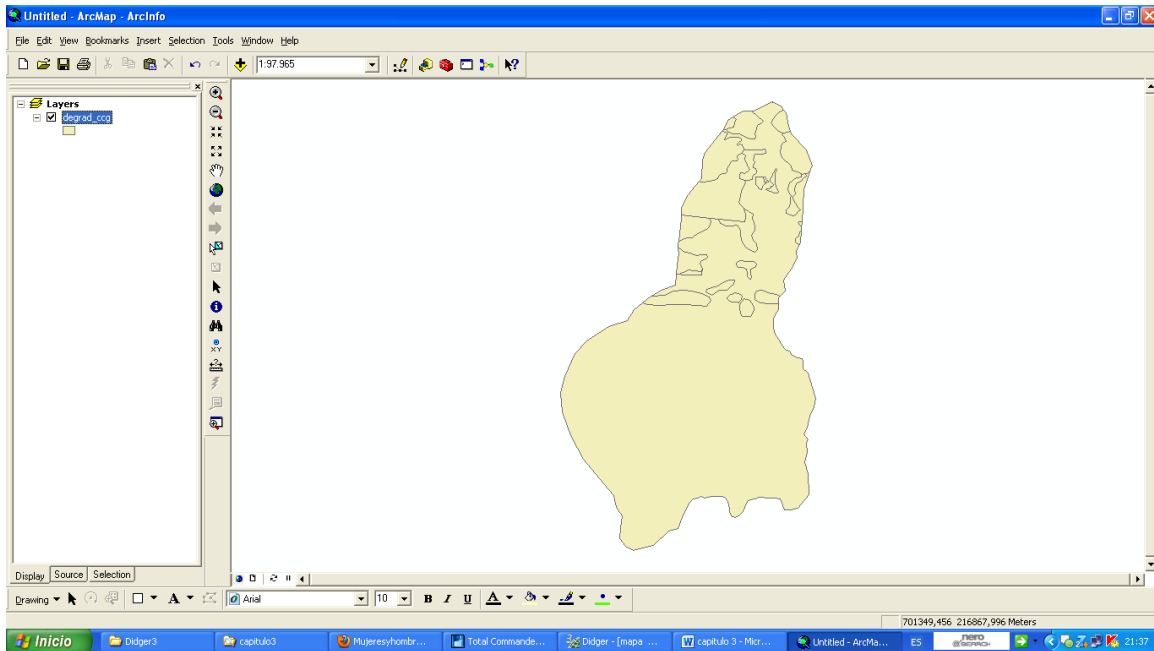


Figura 3.3 Representación de las vistas de los mapas temáticos.

**Tablas (TABLE):** Las tablas se encuentran asociadas a cada tema y contienen información descriptiva. Están formadas por registros que representan características individuales de cada rasgo y por campos que definen las características de todos los elementos (Figura 3.4).

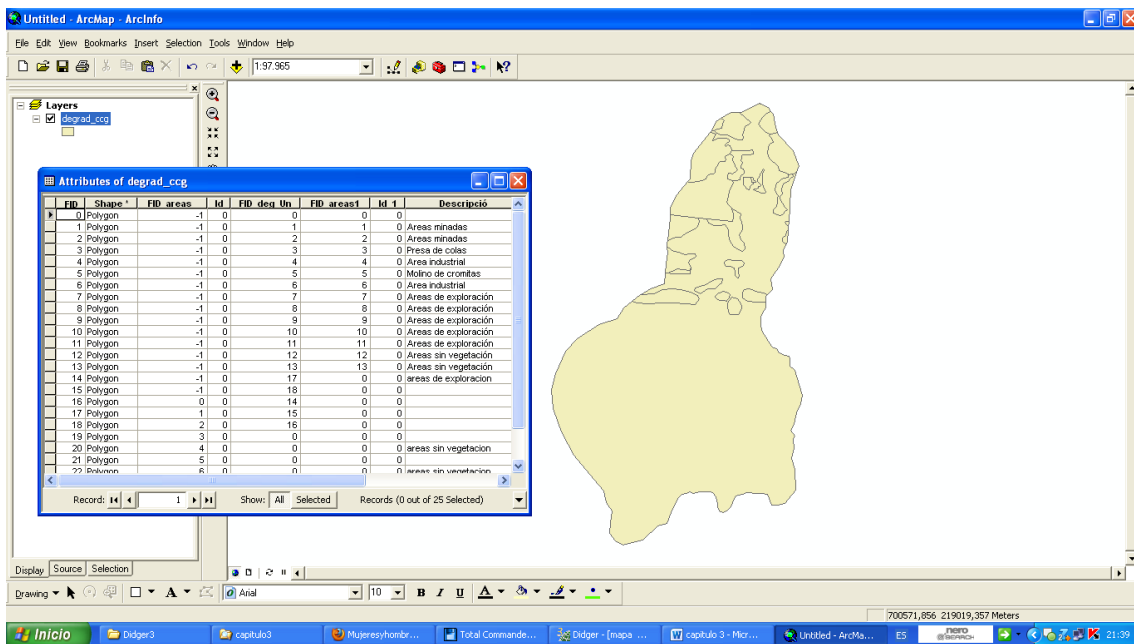


Figura 3.4 Representación de atributos de los mapas temáticos.

**Diagramas y gráficos.** Se han utilizado los Charts o diagramas para las representaciones gráficas de los datos tabulares y constituyen una forma de visualizar información de atributos, mediante la construcción de diagramas de barras para la caracterización de los temas o mapas temáticos.

**Layouts.** Se utilizaron los Layouts o mapas de representación para combinar los múltiples documentos o temas del proyecto para ilustrar los resultados finales de la investigación e implementación de la metodología de valoración de susceptibilidad. Esta opción del sistema nos permitió además, preparar las salidas gráficas de los mapas incluyendo la escala, leyenda, el gris y sistema de coordenadas y el formato de hoja.

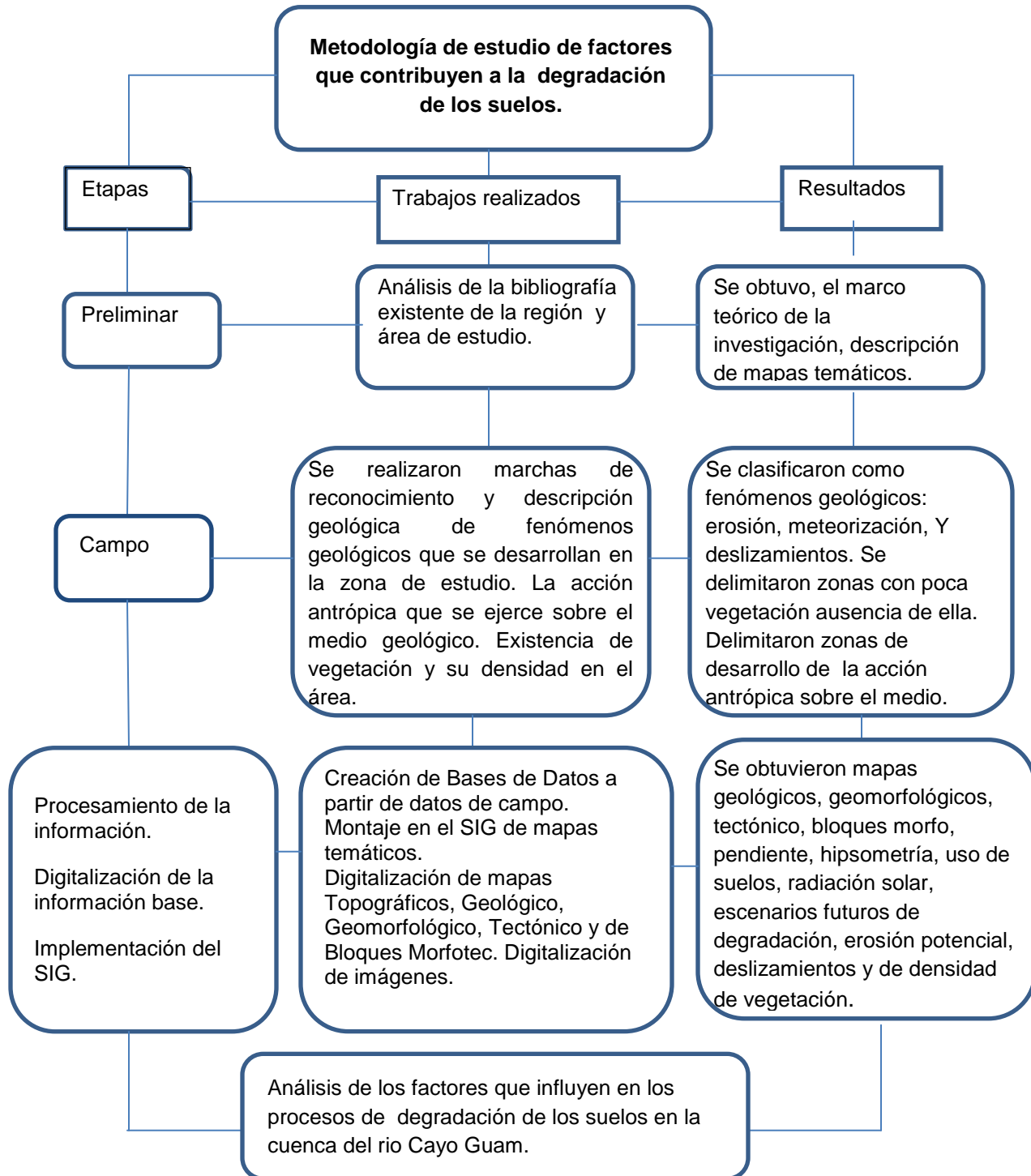


Figura 3.4. Metodología empleada en el estudio de la degradación de los suelos.

# **CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LA DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS.**

## **Introducción.**

En el presente capítulo se muestra la descripción geológica de los itinerarios geológicos realizados y se analizan los factores que contribuyen a la pérdida de biodiversidad, y desarrollo de los procesos de degradación en el sector estudiado.

### **4.1 Caracterización de la cuenca.**

La cuenca hidrográfica del río Cayo Guam abarca un área de 62 Km<sup>2</sup>; presenta forma alargada, drena hacia el norte y desemboca al este de la bahía Yagrumaje. La cota mínima es 0 y la máxima de 1018 msnm, con las mayores alturas localizadas al suroeste de la cuenca (Figura 4.1). La forma alargada de la misma está condicionada por la diferenciación geodinámica de los bloques morfotectónicos, haciendo la cuenca más estrecha desde la región central hasta la desembocadura, con mayores pendientes en la vertiente occidental. La red de drenaje responde a las características estructurales del macizo rocoso, relacionada fundamentalmente con el sistema de falla Cayo Guam; esta estructura condiciona la dirección norte-sur del curso principal, y aparece además una red ortogonal con direcciones norte-sur y este-oeste la cual coincide con las direcciones del agrietamiento medidos en la vertiente occidental de la cuenca.

Litológicamente predominan las rocas ultrabásicas serpentinizadas, y en menor medida las rocas básicas, ocupando el 89,47 y el 7,28% del área total de la cuenca respectivamente. Los sedimentos del cuaternario afloran al norte del área ocupando el 3,24 % (Anexo 1). La estructura geológica está representada por la falla Cayo Guam, perteneciente al segundo sistema de fallas definido por Rodríguez (1998) para el territorio de Moa, de edad Paleoceno Inferior–Eoceno Medio. Este sistema constituye el límite entre los bloques morfotectónicos El Toldo y Cayo Guam que se ubican a ambos márgenes del cauce fluvial, y por la morfología de los márgenes y características cinemáticas del agrietamiento manifiesta un régimen de expansión o relajamiento típico de fallas normales. Esta estructura condiciona la existencia de una alineación fluvial con cauces profundos y formación de barrancos (Anexo 1).

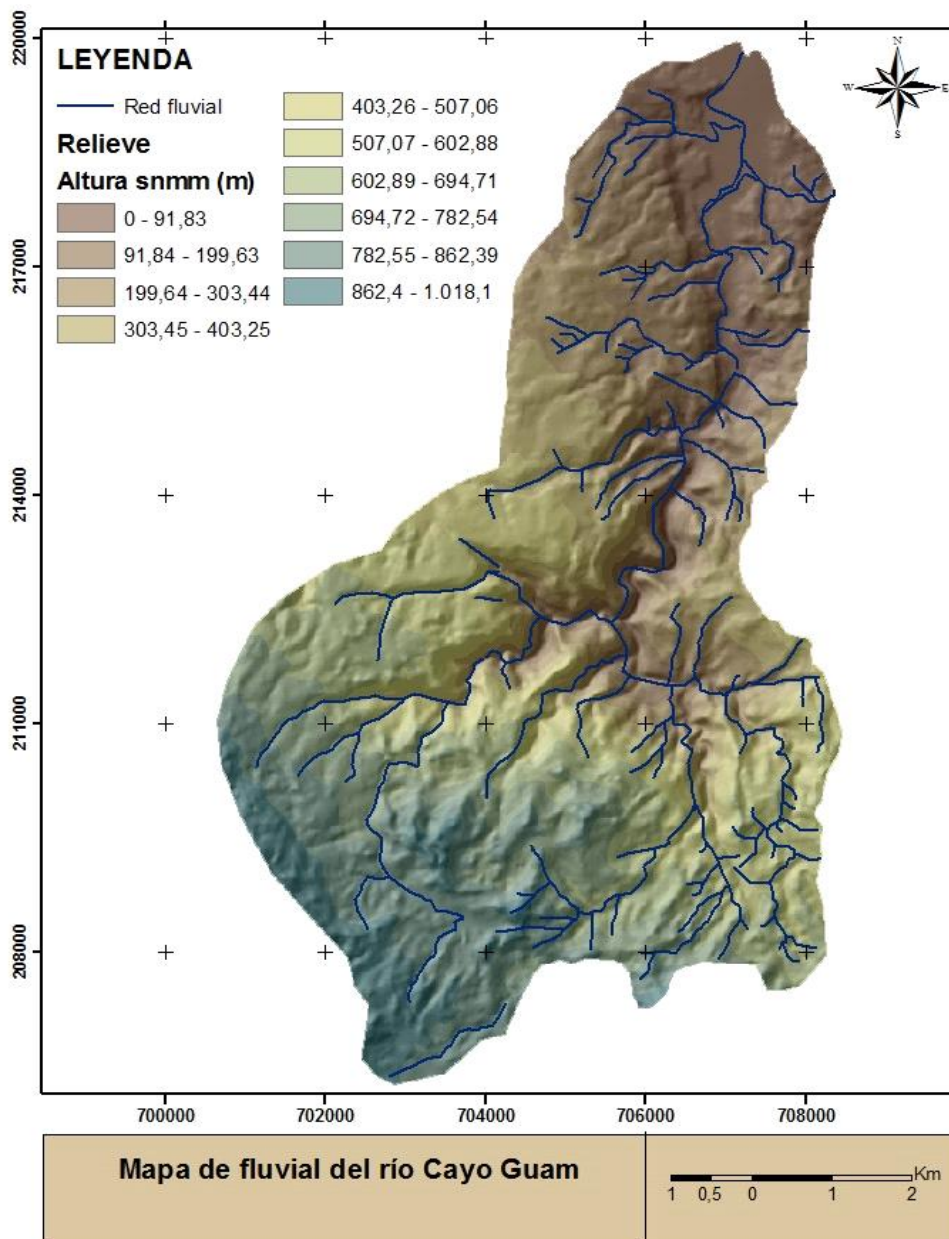


Figura 4.1 Mapa hipsométrico y de red fluvial de la cuenca hidrográfica del río Cayo Guam. Escala original 1:50000.

En relación a los bloques morfotectónicos, El Toldo ocupa todo el suroeste del área de estudio, lo que representa el 82,02% de la misma, tiene la máxima extensión y manifiesta los máximos valores de levantamiento relativo. El bloque Cayo Guam aparece en forma de franja alargada con dirección norte-sur y ocupa el 18% hacia el sector este de la Dannier García Quintana

cuenca, comportándose como un escalón intermedio en descenso respecto al bloque El Toldo (Anexo 2).

En la cuenca aparecen desarrolladas zonas de llanuras y relieves de montañas. Las primeras ubicadas al norte y representadas por llanuras acumulativas palustres y llanuras fluviales acumulativas; las zonas de relieve de premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas se desarrollan en la región norte central y forman un escalón intermedio hacia las montañas bajas aplanadas que abarcan la mayor parte del área (Anexo 3).

## **4.2 Estudio de los procesos degradativos en la cuenca.**

### **4.2.1 Trabajos cartográficos de campo.**

Los trabajos cartográficos se basan esencialmente en la descripción de los afloramientos con el objetivo de determinar las particularidades geológicas y criterios sobre las modificaciones o alteraciones del medio que inciden en la degradación de la biodiversidad como los fenómenos geodinámicas, modificaciones de la densidad de vegetación y acción antropogénica. Para este fin se realizan itinerarios geológicos cuyos puntos de documentación se describen a continuación:

#### **Punto: 1**

**Ubicación:** Se encuentra ubicado en el molino de piedra de Villa Cromita.

**Coordenadas:** X: 706693; Y: 217925

**Litologías:** Presencia de una corteza de meteorización laterítica y depósitos de fragmentos de rocas serpentizadas removidos por los procesos erosivos además se observan desprendimientos de rocas en el talud condicionados por la acción antrópica.

**Vegetación.** La vegetación de los alrededores es poco densa debido a la acción antrópica.

**Suelos.** Presenta un color rojizo-amarillento con predominio de fracción arcillosa.

**Fenómenos geodinámicas.** Desarrollo intensivo de procesos erosivos e inestabilidades de taludes a través de desprendimientos de rocas y pequeños derrubios. Además de cortezas lateríticas formadas por procesos de meteorización.

Dannier García Quintana



**Acción antrópica.** Existen áreas de uso industrial conformadas por el molino de piedra y zonas de depósitos de áridos.



Figura 4.2 Molino de cromita.

**Punto: 2**

**Ubicación:** se encuentran en la parte izquierda del camino a 50 m de Villa Cromita siguiendo el camino a la base de campismo.

**Coordenadas:** X: 706740; Y: 217827

**Litologías:** Presencia de fragmentos de serpentinitas y materiales de relleno de la carretera.

**Vegetación:** La vegetación predominante es el helecho y algunas plantas de similar tamaño típicas del lugar.

**Suelos:** Presenta un color rojizo por la presencia de rocas con minerales de hierro meteorizadas y erosionadas.

**Fenómenos geodinámicas:** La erosión es intensa, predominando la erosión hídrica y la formación de cárcavas con profundidad mayor de 2 m y longitud superior a 8 m, que se extienden desde el camino hasta el cauce del río Cayo Guam (figura 4.3).

**Acción antrópica:** construcción del camino de acceso al campismo Cayo Guam.



Figura 4.3 Procesos erosivos en cárcavas.

**Punto: 3**

**Ubicación:** En la parte derecha del camino aproximadamente a 1 k m de Villa Cromita hacia las instalaciones del camino al campismo.

**Coordenadas:** X: 706796; Y: 216885

**Litologías:** Existencia de corteza de meteorización y rocas ultramáficas muy alteradas.

**Vegetación:** Presencia de vegetación de mediano tamaño conocida como charrascales.

**Suelos:** Existencia de una corteza laterítica de coloración rojiza-amarillenta por la presencia de minerales de hierro, esta corteza posee una potencia entre 1 y 2 m. Sobre la corteza existe una fina capa de suelo enriquecida en materia orgánica.

**Fenómenos geodinámicas:** Abundancia de los procesos de meteorización dando lugar a alteraciones en las rocas y formación de una corteza de meteorización de tipo laterítica. Se manifiesta, en menor grado, la erosión en cárcavas con profundidades de 2 m y procesos de socavación en el pie de los taludes (figura 4.4).

**Acción antrópica:** no hay acción antrópica.



Figura 4.4 Erosión en cárcavas y socavación de taludes.

**Punto: 4**

**Ubicación:** Se encuentra al lado derecho del camino a 2 ½ km de Villa Cromita en dirección al camino de la base de campismo.

**Coordenadas:** X: 706947; Y: 215424

**Litologías:** Rocas ultrabásicas serpentinizadas afectadas por procesos de meteorización y erosión.

**Vegetación:** La vegetación presente en este punto es mayormente charrascales y algunos pinos cubensis.

**Suelos:** presencia de una fina corteza de meteorización. Existencia de suelo con abundante materia orgánica con potencia aproximada de 1 m.

**Fenómenos geodinámicas:** predominio de la meteorización dando lugar a la descomposición de las rocas serpentinizadas y formación de una corteza de meteorización de poca potencia. Los procesos erosivos se manifiestan por la alta pendiente del talud (figura 4.5).

**Acción antrópica:** no hay acción antrópica.



Figura 4.5 Pérdida de vegetación por erosión.

**Punto: 5**

**Ubicación:** se encuentra ubicada a 2 ½ km de Villa Cromita al igual que el punto anterior pero de la parte izquierda del camino.

**Coordenadas:** X: 706972; Y: 215416

**Litologías:** Aparecen afloramientos de harzburgitas alteradas. Hay presencia de material de relleno del vial compuesto por cantos rodados.

**Vegetación:** Presencia de plantas como el none y predominio de charrascales.

Dannier García Quintana

**Suelos:** productos de la meteorización y de la erosión del material de relleno de la carretera.

**Fenómenos geodinámicas:** presencia de meteorización de las harzburgitas y erosión intensa que ha provocado la pérdida de algunos metros de carretera haciéndola intransitable (figura 4.6).

**Acción antrópica:** construcción del vial.



Figura 4.6 Afectación del vial por erosión.

**Punto: 6**

**Ubicación:** se ubica a 3 km de Villa Cromita en el lado izquierdo de la carretera siguiendo el camino hacia la base de campismo.

**Coordenadas:** X: 706681; Y: 215007

**Litologías:** Cantos rodados de cromita con plagioclasas, plagioclasas, cromitas con piroxenos, piroxenos, cromitas, gabro pegmatitas, fragmentos de serpentinitas, y rocas ultrabásicas alteradas por procesos de meteorización y principalmente de erosión.

**Vegetación:** Ambos lados del camino con una abundante vegetación típica de esta zona los llamados charrascales con una mayor altura hacia la derecha.

**Suelos:** suelos con grietas de desecación, existe abundancia de cantos rodados producto de la erosión del río y de la construcción de la carretera.

**Fenómenos geodinámicas:** desarrollo intenso de procesos erosivos y socavación del pie de los taludes (figura 4.7).

**Acción antrópica:** la construcción del camino y falta de mantenimiento del vial.



Figura 4.7 Afectación del vial por erosión y socavación.

**Punto: 7**

**Ubicación:** se ubica a 3 km de Villa Cromita en la vertiente oriental del cauce.

**Coordenadas:**

**Litologías:** corteza laterítica en la orilla del río de una potencia de 2 m a 2 ½ m aproximadamente y el predominio de cantos rodados de cromitas con plagioclasas, plagioclasas, piroxenos, cromitas, cromitas con piroxenos, y gabros pegmatitas así como fragmentos de serpentinita producto de la erosión lateral del río.

**Vegetación:** Existen musgos, helechos, pinos, y charrascales.

**Suelos:** Se encuentra una corteza de meteorización tipo laterítica que ha sido descubierta por los procesos de erosión lateral del río, esta corteza está cubierta por suelo enriquecido en materia orgánica.

**Fenómenos geodinámicas:** predominio de la erosión fluvial lateral.

**Acción antrópica:** la construcción del camino y falta de mantenimiento del vial (figura 4.8)



Figura 4.8 Afectación del vial por erosión.

**Punto: 8**

**Ubicación:** se encuentra ubicado a 3 ½ km de Villa Cromita en la parte derecha del camino hacia el campismo.

**Coordenadas:**

**Litologías:** Existe una corteza de meteorización tipo laterítica con una potencia que oscila entre ½ m y 1 ½ m.

**Vegetación:** Se encuentran musgos, helechos, pino cúbense y charrascales.

**Suelos:** El suelo existente es de corteza de meteorización tipo laterítico con una potencia de ½m hasta 1 ½ m aproximadamente.

**Fenómenos geodinámicas:** erosión en cárcavas.

**Acción antrópica:** Construcción de la carretera con afectación de los taludes existentes mediante el proceso constructivo.



Figura 4.9 Procesos erosivos afectando el Vial en el punto de documentación No. 8.

#### **4.2.2 Factores que inciden en la degradación de los suelos.**

##### **Procesos erosivos.**

El análisis se realiza desde el punto de vista del estudio de las pendientes del terreno y por la manifestación de inestabilidades de laderas.

Para cuantificar la acción de los procesos erosivos en la cuenca de estudio se toma como referencia la norma cubana NC 36:1999 sobre los métodos de determinación de erosión potencial de los suelos.

Para la estimación del coeficiente de erosión potencial ( $E_p$ ) se determina la influencia de tres factores fundamentales:

- la acción de las precipitaciones en regiones montañosas del oriente cubano con un régimen específico de precipitaciones.
- la respuesta erosiva de los suelos y la roca madre en función del tipo de suelo.
- el factor relieve representado por la inclinación del terreno; como resultado se obtiene la pérdida de una parte del perfil de suelo cuantificada en cm.

En la figura 4.10 se muestra el mapa de  $E_p$  para la cuenca Cayo Guam clasificado en tres clases: erosión potencial Baja, Moderada y Alta.

La clase erosión baja se manifiesta hacia el norte de la cuenca, más bajas hipsométricamente y donde predominan los procesos acumulativos sobre los erosivos, aunque se estiman pérdidas de hasta 32 cm de suelos.

La clase moderada se manifiesta con mayor intensidad en la margen occidental, coincidiendo espacialmente con el yacimiento citado anteriormente y en una franja estrecha que se extiende hasta el sur de la cuenca; las pérdidas estimadas de suelos alrededor de 72 cm, significando el 25% del área.

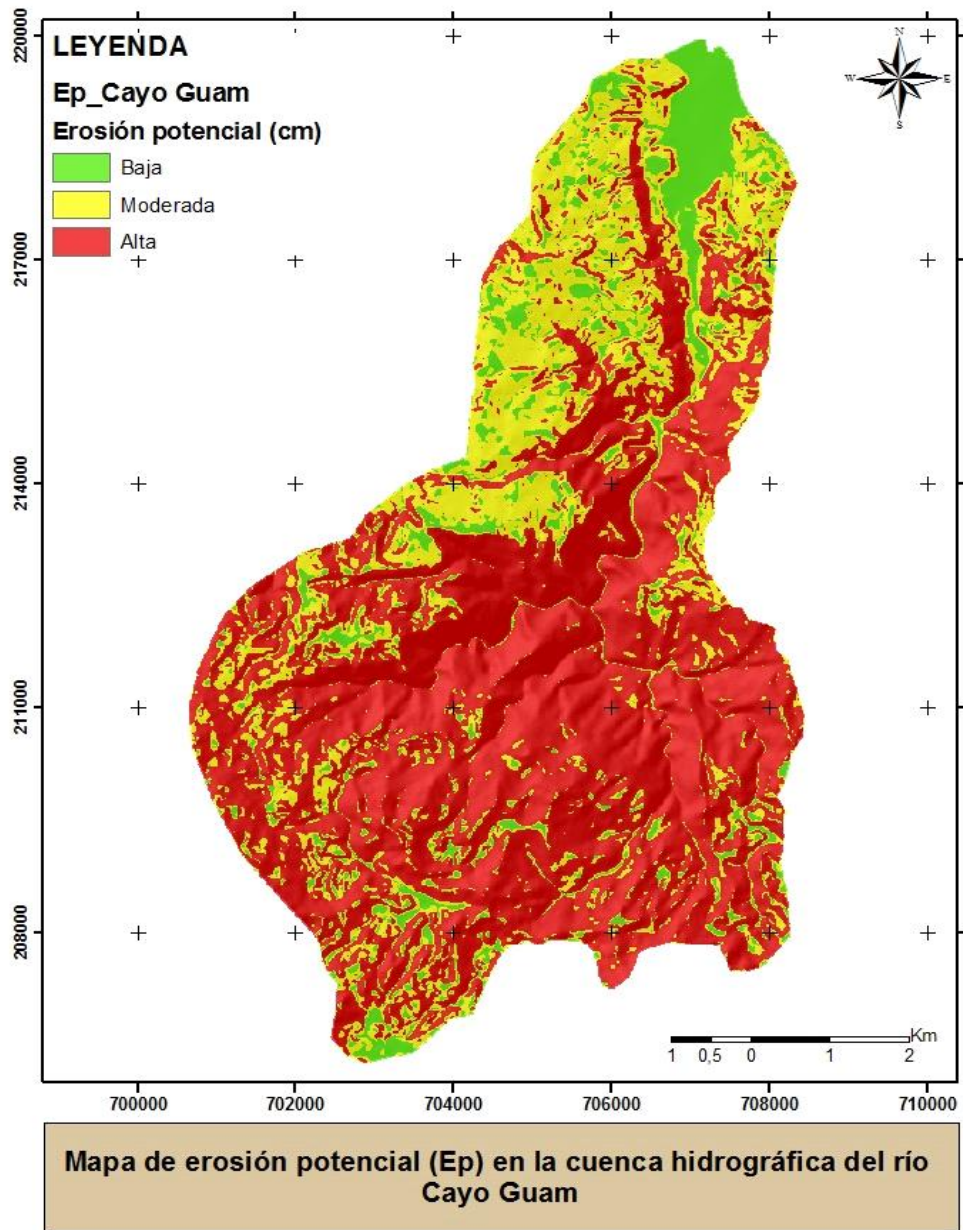


Figura 4.10. Mapa de erosión potencial (Ep) de la cuenca hidrográfica Cayo Guam. Escala 1: 50000

Las zonas relacionadas con las mayores pérdidas de suelos se asocian a las mayores pendientes del terreno ubicadas al sur y al cauce principal (Anexo 4). La erosión potencial de los suelos se estima con valores superiores a 100cm y representan el 64% del área



total de la cuenca. Parte de esta región coincide con áreas en exploración de yacimientos lateríticos por lo cual se debe prestar especial atención durante las etapas de explotación.

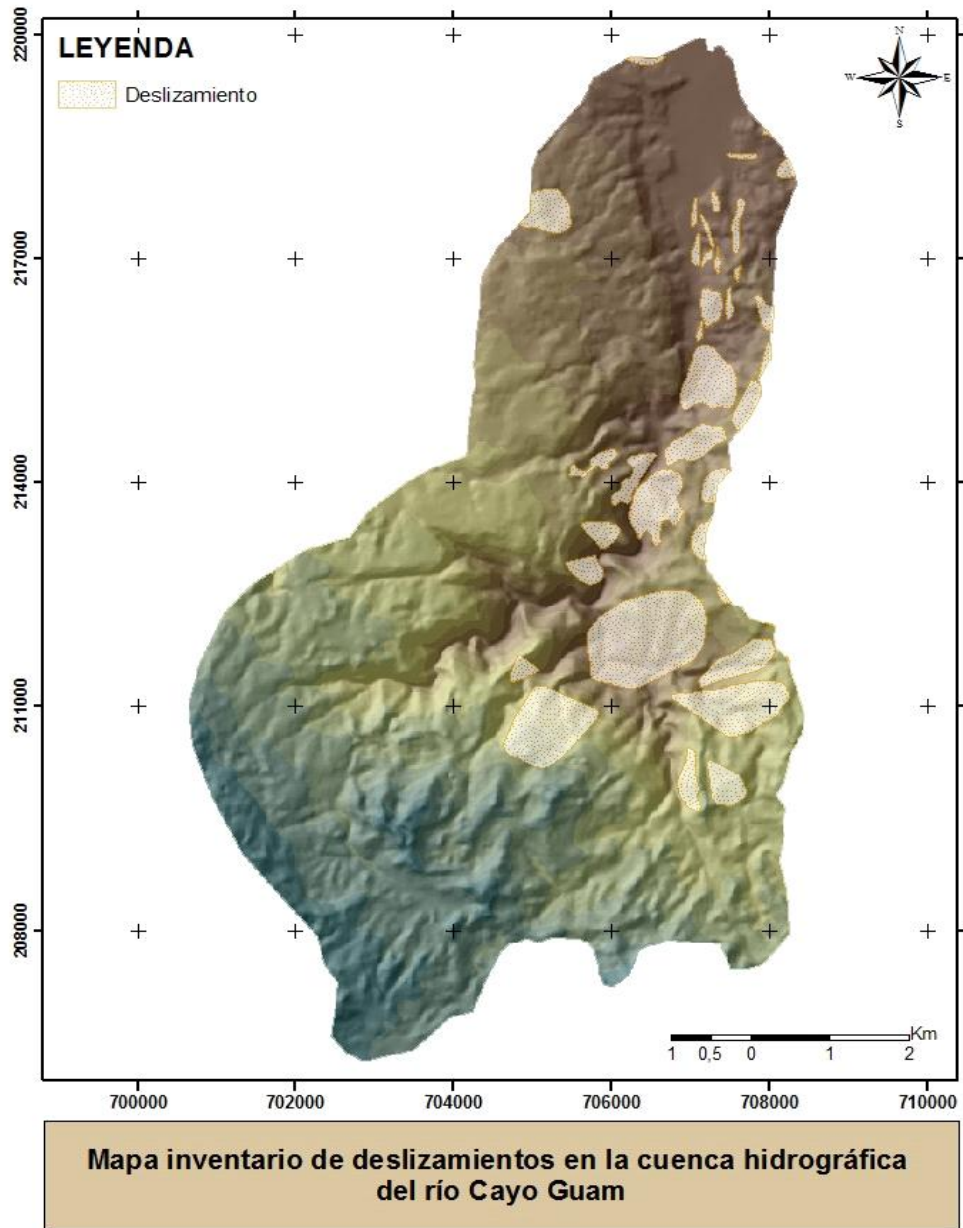


Figura 4.11. Mapa de deslizamientos en la cuenca hidrográfica del río Cayo Guam. Escala 1:50000.

Dannier García Quintana

Para el estudio de los deslizamientos se toma como referencia los estudios realizados en el territorio sobre estos fenómenos por varios autores como Almaguer (2005), Reyes (2009), Galán (2011). El inventario de movimientos muestra la distribución de los deslizamientos del área, los cuales se concentran hacia la vertiente oriental de la cuenca, coincidiendo con el bloque Morfotectónico Cayo Guam. Aunque no aplicaron métodos de fotointerpretación para el resto de la cuenca, este comportamiento se asocia a los movimientos diferenciales que se manifiestan entre los bloques El Toldo y Cayo Guam, a través de la falla del mismo nombre, provocando intensos procesos erosivos y deslizamientos desde las zonas más elevadas (El Toldo) hacia las regiones más deprimidas (Cayo Guam) (figura 4.11).

### **Factor antrópico.**

Este factor se analiza mediante las prácticas del uso de los suelos de la cuenca del río Cayo Guam. La cartografía de este factor se obtiene por interpretación de mapas topográficos, fotos aéreas e imágenes satelitales, que permiten clasificar la cuenca en áreas industriales, de exploración y de minería de yacimientos lateríticos, de uso forestal y presas de residuos o colas.

Como se muestra en la figura 4.12, hay un predominio de las áreas de uso forestal ubicadas principalmente al sur en forma de franjas alargadas al norte, lo que representa el 85,25% del área total. La degradación de los suelos de estos sectores se asocia fundamentalmente a procesos geodinámicos exógenos como los deslizamientos y erosión en cárcavas, condicionados fundamentalmente por las potencias y humedad de las cortezas lateríticas, pendientes y concavidad del terreno, y las subpresiones de las aguas subterráneas así como la acción de la escorrentía.

El resto del área de la cuenca, que representa el 14%, está afectada por procesos de degradación de suelos que se desarrollan de forma intensa y que se relacionan con determinados usos como las zonas de desarrollo minero (2,035%), presas de colas, instalaciones industriales (Molino de cromitas, Las Camariocas) y en grado moderado de degradación las zonas de exploración geológica en las cuales las afectaciones son parciales debido fundamentalmente a la construcción de plataformas de perforación, trochas y caminos de exploración.

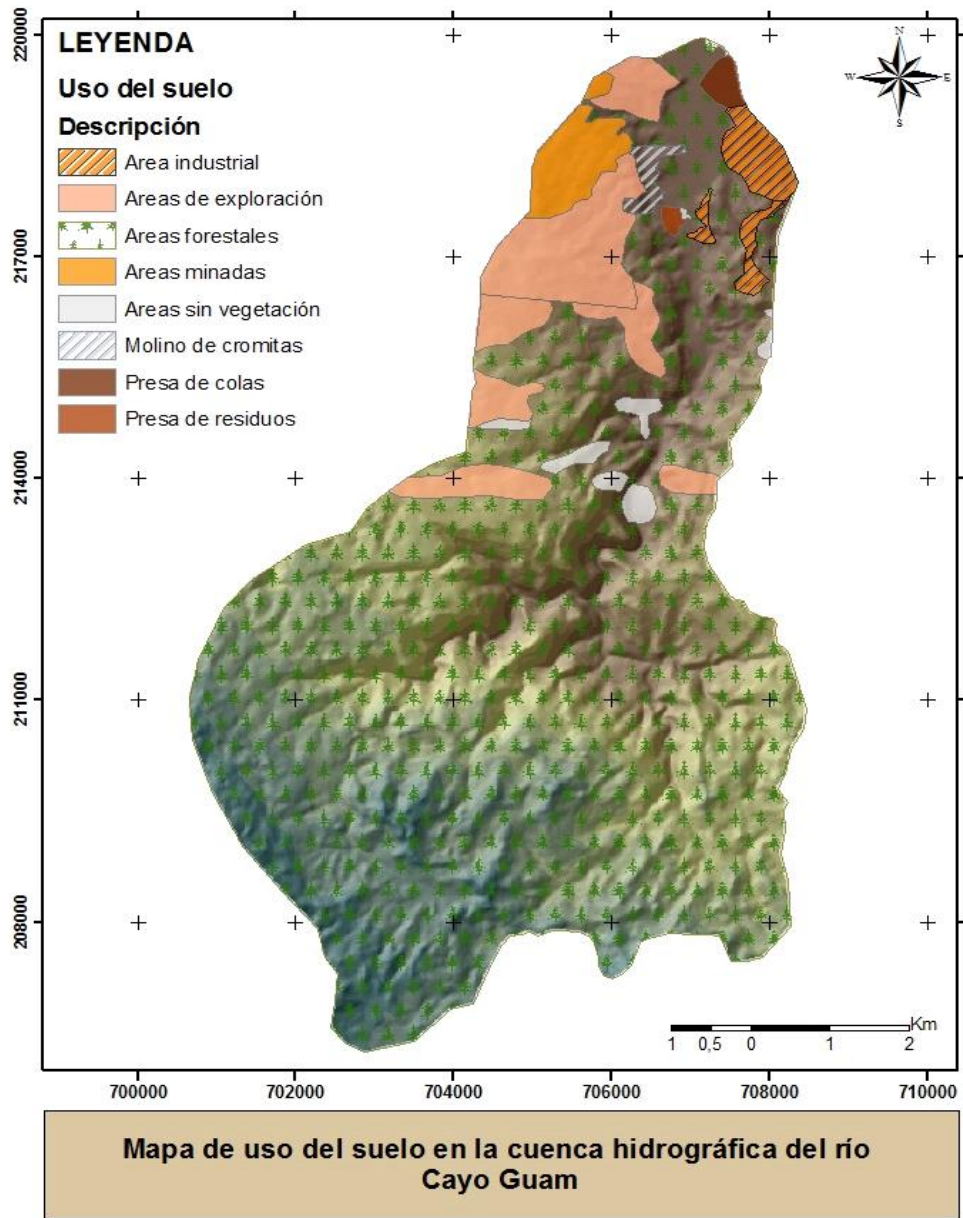


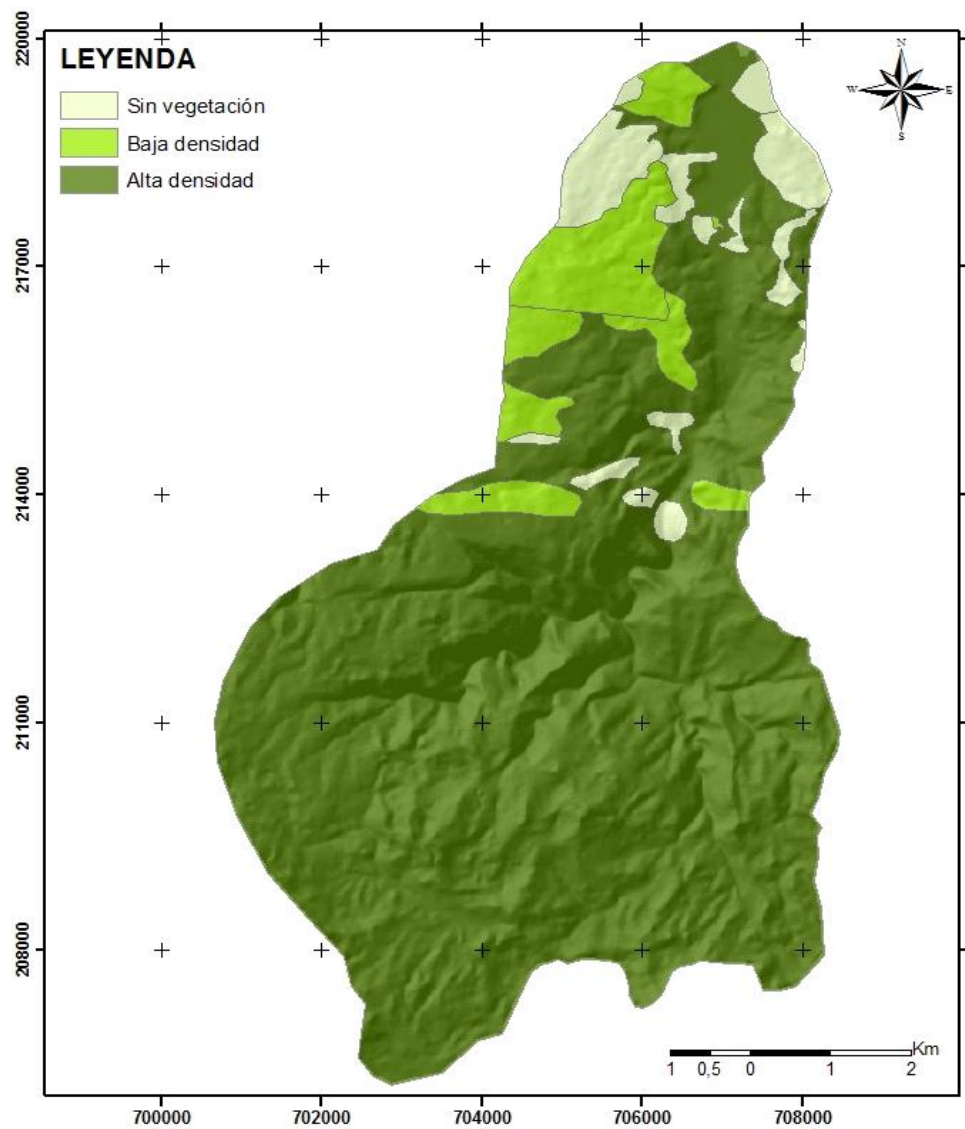
Figura 4.12 Mapa de uso del suelo en la cuenca hidrográfica del río Cayo Guam. Escala 1:50000.

### **Pérdida de la vegetación natural.**

Unos de los factores más importantes y que constituye un indicador del proceso de degradación de suelos es la pérdida de vegetación. Este factor permite cuantificar que área se ha perdido en la cuenca producto a la deforestación y los incendios forestales, como acciones más directas sobre el medio.

Hasta el 25% de las emisiones de CO se deben a la tala indiscriminada de árboles. Ésta, a la vez que empobrece el suelo y lo deja desprotegido ante la erosión y la evaporación del agua, contribuye aún más al cambio climático. Al aumentar las sequías y la presión humana sobre el manto forestal, éste se ve en peligro. Las elevadas pendientes aceleran los procesos erosivos, generando suelos cada vez menos productivos. La productividad en el área de estudio no se refiere al punto de vista agrícola, sino forestal, lo que dificulta los procesos de rehabilitación minera de los yacimientos lateríticos explotados y las áreas industriales.

Se realiza el mapa de densidad de vegetación a partir de la digitalización de los mapas topográficos y las fotos satelitales del área de estudio clasificándola en tres clases: sin vegetación, baja densidad de vegetación y alta densidad de vegetación. La última clase representa el 85 % del área, ubicada principalmente en el noreste y sur de la cuenca; las zonas de baja densidad representan el 8,65%, y se ubican al noroeste. La ausencia de vegetación se relaciona espacialmente con las áreas afectadas por la acción antrópica intensa debido a la industria y la minería, estas representan el 6,145% del área total de la cuenca (Figura 4.13).



**Mapa de densidad de vegetación en la cuenca hidrográfica del río Cayo Guam**

Figura 4.13 Mapa de densidad de vegetación de la cuenca hidrográfica del río Cayo Guam. Escala 1: 50000.

### **4.2.3 Degradación de suelos.**

#### **Escenarios de degradación de suelos.**

El análisis prospectivo de escenarios de degradación se obtuvo mediante el proceso de integración de toda la información básica y procesamiento e interpretación mediante las técnicas de sistemas de información geográfica, dando como resultado un mapa de escenarios de degradación que indican el futuro de la cuenca en relación a la pérdida de biodiversidad y de productividad biológica de los suelos. Indica además la influencia de la acción antrópica sobre el medio y la ineficiencia de las políticas de conservación de cuencas hidrográficas desarrolladas en el territorio.

Como fuentes de información se utilizaron los mapas bases de geología, relieve, tectónica, usos del suelo y procesos geodinámicos y la captura a través de fotos satelitales, que permitió delimitar sectores asociados a determinados niveles de degradación presentes en la cuenca. Los niveles de baja degradación representan el 41,28% del área y se relacionan espacialmente con los depósitos de cauce en la parte más baja de la cuenca y algunos sectores distribuidos en toda el área asociados a relieves de baja pendiente, donde los procesos erosivos tiene menor magnitud y la acción antrópica es escasa.

La clase de degradación media se asocia espacialmente a zonas de pendientes elevadas, donde los procesos erosivos son intensos y la acción antrópica afecta parcialmente la pérdida de biodiversidad y representan el 53,52% de la cuenca. La mayor degradación representa el 5,19% y se manifiesta donde se desarrollan los procesos extractivos de la minería del níquel, además de la infraestructura industrial para su procesamiento (Figura 4.14).

Unas de las aplicaciones prácticas del mapa de escenarios prospectivos es que permite orientar los planes futuros de rehabilitación de áreas degradadas y mejoramiento de las condiciones de productividad biológica de los suelos. En este sentido se proponen en la tabla 4.1 varias medidas de mitigación para el cuidado del hábitat natural y biodiversidad en función de los niveles de degradación propuestos en la figura 4.14.

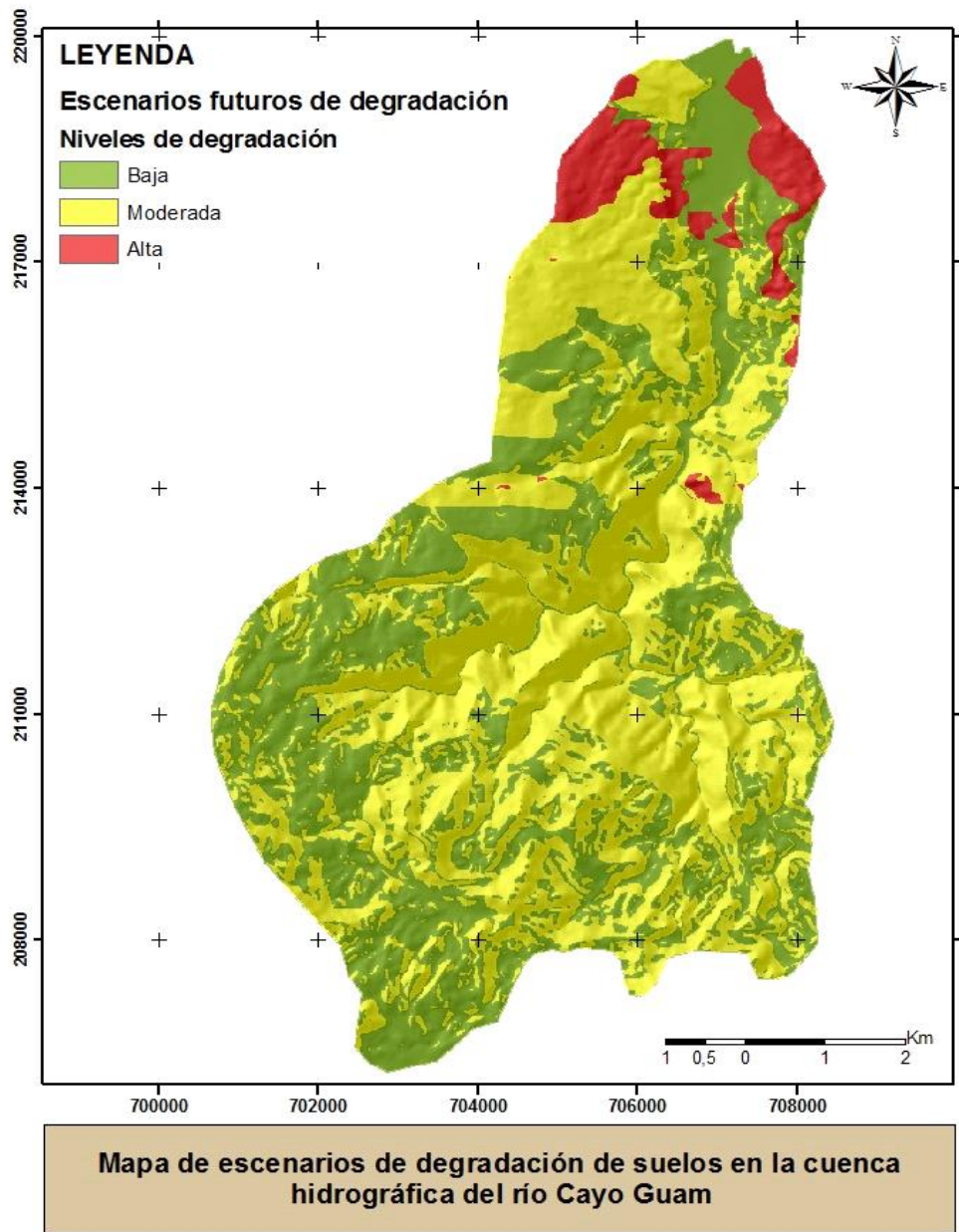


Figura 4.14. Mapa de escenarios de degradación de suelos en la cuenca hidrográfica del río Cayo Guam. Escala 1:50000.

Tabla 4.1 Medidas de mitigación de los procesos degradativos.

Niveles de degradación	Características	Medidas de mitigación	Observaciones
Baja	Está representada por zonas de llanuras hacia el norte con pendientes de 0-5°, y en el resto de la cuenca coinciden con zonas de pendientes de 0-10° donde los procesos de degradación son de poca intensidad.	El cuidado del hábitat natural por los pobladores de este lugar que realizan la tala indiscriminada de los árboles lo cual da lugar a áreas sin vegetación vulnerables a procesos de degradación. Racionalizar la actividad minera en la zona.	Dentro de esta se encuentran las zonas de llanuras las cuales contienen grandes cortezas lateritas que pueden ser tomadas como yacimientos en el futuro.
Media	Ocupa más de la mitad de la cuenca coincidiendo con zonas de pendientes de 10-60° donde abundan los procesos de degradación debido a la inclinación del terreno, también se encuentran ubicadas por ambos lados del río donde está ubicada la falla Cayo Guam la cual propicia el levantamiento del bloque el toldo por encima del bloque Cayo Guam dando lugar a procesos erosivos de gran intensidad.	La reforestación de las áreas afectadas por la actividad minera explorando en los yacimientos Yagrumaje sur, Yagrumaje este y La Delta. La disminución de la explotación de los cantos rodados del río que provoca un cambio en la intensidad del río dando lugar a la acción de la erosión lateral sobre los taludes de la carretera de la base de campismo.	La degradación en esta zona es propiciada en el norte y el sureste por la acción antrópica representada por las zonas de exploración de los yacimientos pertenecientes a las empresas del níquel Pedro Soto Alba y Ernesto Che Guevara.
Alta	En este caso la degradación es intensa debido fundamentalmente a la acción antrópica que ha causado el 95% de este nivel de degradación, también existen áreas donde los procesos de erosión (erosión hídrica) son muy intensos convirtiendo zonas vírgenes en degradadas.	La reforestación de las áreas explotadas en el yacimiento Yagrumaje Sur y la construcción de caminos para el transporte minero. El cuidado de la flora de esta región accedida por la acción de los pobladores de esta zona como combustible.	Debemos saber que las zonas donde se manifiestan estos altos niveles de degradación son las áreas minadas, molino de cromita, el área industrial representada por la camarioca y villa cromita, la presa de cola y la presa de residuos.



En los procesos de rehabilitación de las áreas degradadas unas de las variables de importancia a tener en cuenta y que determina densidad de supervivencia de las especies utilizadas en la reforestación es la radiación solar, definida como el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. La radiación solar que llega a la tierra se debe a la modificación de la radiación solar entrante (insolación) proveniente del sol, en su viaje a través de la atmósfera, es modificada por las características de la topografía y de la superficie, e interceptada o recibida en la superficie de la tierra como componentes directos, difusos, y reflejados. La radiación directa es interceptada, por la superficie de la tierra como una línea directa proveniente del sol; la radiación difusa es dispersada por los componentes atmosféricos, tales como nubes y polvo y la radiación reflejada se irradia por las características superficiales del terreno. La suma de la radiación directa, difusa, y reflejada se llama radiación solar total o global (Figura 4.15).

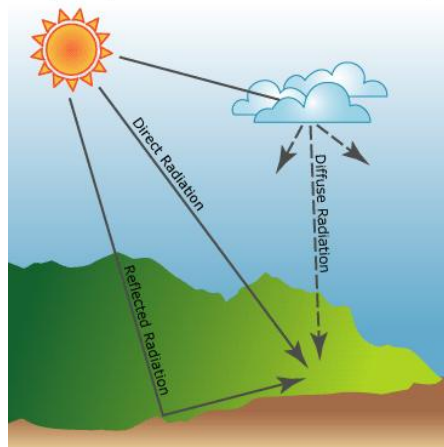
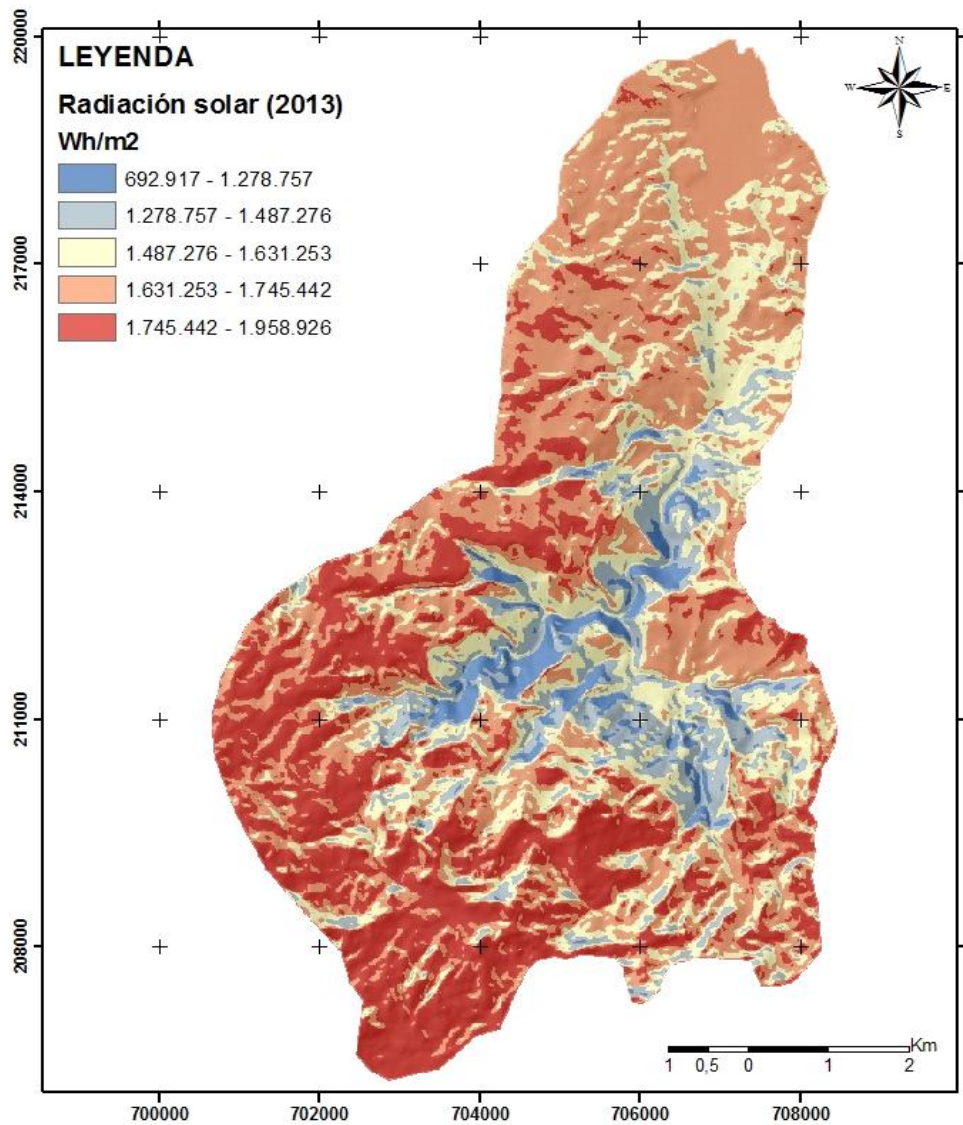


Figura 4.15. Esquema que muestra los componentes de la radiación solar.

Para la aplicación de esta variable se obtuvo el mapa de radiación de la cuenca de Cayo Guam (Figura 4.16) y el análisis con relación a la densidad de vegetación (Tabla 4.2); la misma muestra que las mayores radiaciones se manifiestan hacia el suroeste y sur de la cuenca con valores máximos de 1 958926 Wh/m, y los valores mínimos se relacionan espacialmente con el cauce del río y hacia el norte de la cuenca con valores mínimos de 692917 Wh/m. Desde el punto de vista práctico estos valores indican que hacia los sectores de menores valores de radiación solar el porcentaje de supervivencia y/o desarrollo de las plantaciones utilizadas para la rehabilitación de terrenos degradados será menor que las que se planten en las áreas de mayor radiación solar.



**Mapa de radiación solar para el año 2013 en la cuenca hidrográfica del río Cayo Guam**

Figura 4.16. Mapa de radiación solar en la cuenca hidrográfica del río Cayo Guam. Escala 1:50000.

Tabla 4.2 Relación de los niveles de radiación solar y densidad de vegetación en la cuenca Cayo Guam.

Clases de radiación (Wh/m <sup>2</sup> )	Área (Km <sup>2</sup> )	Alta densidad de vegetación		Baja densidad de vegetación		Sin vegetación	
		Área (Km <sup>2</sup> )	%	Área (Km <sup>2</sup> )	%	Área (Km <sup>2</sup> )	%
692917 - 1 278757	2,182	2,13	97,62	-	-	0,05	<b>2,30</b>
1 278757 - 1 487276	6,073	6,02	99,13	0,02	0,33	0,03	0,50
1 487276 - 1 631253	12,799	12,28	95,94	0,29	<b>2,27</b>	0,23	<b>1,80</b>
1 631253 - 1 745442	24,372	24,28	99,62	0,03	0,12	0,07	0,29
1 745442 - 1 958926	16,732	16,37	97,84	0,34	<b>2,03</b>	0,02	0,12

## Conclusiones

- 1-** En la cuenca hidrográfica del río Cayo Guam se desarrollan intensos procesos erosivos, representados por erosión en cárcavas y deslizamientos de laderas condicionado por un relieve de altas pendientes ( $15^{\circ}$ - $60^{\circ}$ ), potentes cortezas de meteorización, alta humedad de los suelos y altos índices pluviométricos entre 1800 y 3400mm anuales. Geológicamente predominan las rocas ultrabásicas serpentizadas existentes en su mayoría en el bloque El Toldo y parte del bloque Cayo Guam, morfológicamente esos procesos se manifiestan en zonas de premontañas aplanadas ligeramente diseccionadas y montañas bajas aplanadas, desde el punto de vista tectónicos dichos procesos predominan en el bloque Cayo Guam debido a la influencia de la falla con el mismo nombre que está ubicada por todo el cauce del río causando el levantamiento del bloque del Toldo sobre el bloque Cayo Guam dando lugar a deslizamientos y procesos de erosión intensa.
- 2-** La acción antrópica influye de forma negativa provocando la intensificación de los procesos degradativos a través de la construcción de caminos, la explotación de cantos rodados en el cauce del río que aumenta la erosión lateral, la explotación y exploración de yacimientos lateríticos y de cromitas, construcciones industriales como el molino de cromitas, las presas de colas y la tala de árboles; las áreas afectadas representan el 15 % del área total de la cuenca.
- 3-** Los escenarios prospectivos de degradación integran la acción antrópica y los procesos naturales que contribuyen a la degradación de los suelos y dan como resultado que la intensificación de estos procesos en el área llegarán a ocupar niveles medios y altos representando el 58,71% de la cuenca.

## Recomendaciones

- A las autoridades forestales del municipio se les recomienda la reforestación de las áreas degradadas para contrarrestar la pérdida del suelo en esta región.
- Realizar un estudio hidroquímico para analizar la contaminación de las aguas debido a la actividad minera.
- Perfeccionar los proyectos de explotación de los cantos rodados del río Cayo Guam a tomo con los sistemas de gestión ambiental para mitigar los cambios del régimen fluvial en la cuenca intensificando la erosión lateral y pérdida de suelo, provocando la destrucción del vial.
- Tomar como base para la rehabilitación de las áreas degradadas los mapas de escenarios prospectivos y de radiación solar obtenidos en la investigación.

## Bibliografía.

- Abraham; Elena M. (2002), "Lucha contra la desertificación en las tierras secas de Argentina; el caso de Mendoza .CYTED XVII, Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el desarrollo. Aprovechamiento y gestión de recursos hídricos.
- Barbut; Monique.; et al. (2009), " Invertir en la protección de la tierra. Los esfuerzos del FMAM para combatir la degradación de tierras y la desertificación en todo el mundo.
- Bitar Yazbek, O (1997) Recuperación de áreas degradadas por la minería en regiones urbanas .Geología Aplicada al Medio Ambiente, Instituto de Pesquisas Tecnológicas del estado de São Paulo (IPT) División de Geología – DIGEO. II curso internacional de aspectos geológicos de protección Ambiental (capítulo 23).
- Carreño-Vega. B; González-Febles M.J (2005) Universidad Agraria de La Habana. La investigación de suelos erosionados: Métodos e Índices de diagnóstico. ISSN 0258 5979 Minería y Geología v. 21 n. 2, 2005.
- Fadel–Morabish (2005) Tesis de diploma. Evaluación preliminar y caracterización de la manifestación de caolinitas en la zona de Cayo Guam, Moa.
- Fernández- Rodríguez. Y (2012) Tesis .Ms .Factores que influyen en la desertificación en el sector Cerro Miraflores- Playa La Vaca, municipio Moa.
- Gómez –Muñoz. N. J; Ramírez – Romero. M, Rodríguez – Garrido Miguel (2004. La cinética de oxidación térmica de sulfuros mixtos de níquel y cobalto. Minería y Geología, Nos. 1-2, 2004. ISSN 0258 5979.
- López –Correa Porfilio (2003) tesis Ms erosión en cárcavas en áreas degradadas del sector este del Parque Nacional Alejandro de Humboldt.
- Martínez. Alberto; Sánchez Ruíz; Reina Márquez, Miranda Morejón (2001 ,2003) Departamento de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Causas y efectos de la degradación del suelo en un agrosistema dedicado al cultivo del tabaco. CIGET Pinar del Rio vol.8 No.4 octubre-diciembre 2006 (trimestral) RNSP No 1893. ISSN 1562-3297

Martínez. B; et al. (2001), en su artículo "Desarrollo de una metodología de detección de cambios en zonas susceptibles de procesos de degradación". Dept.de Termodinamica .Fac. De Fisica, Universidad de Valencia. Teledetección, Medio Ambiente y Cambio Global (2001) 110-113.

Milan-Milan.E; Carcases-Ulloa; Krebs-Jornada S.A, Ferrer-Rosario (2012).Procedimiento para la rehabilitación minero-ambiental de yacimientos piríticos polimetálicos cubanos Minería y Geología / v.28 n.4 / octubre-diciembre / 2012 / p. 20-40 ISSN 1993 8012.

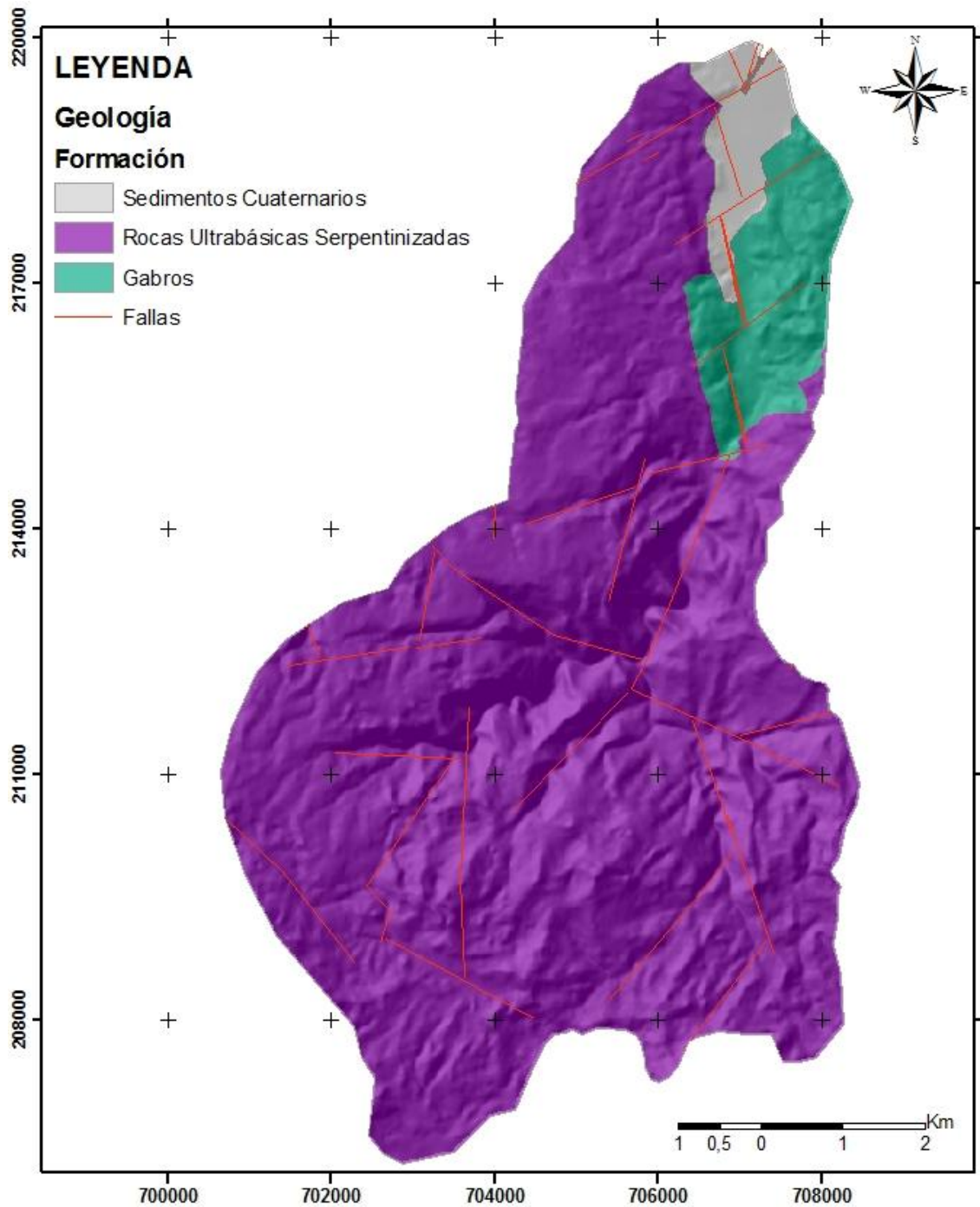
Raposo- Vallejo. O; Vargas Martínez .A (2000) metodología para la cartografía digital de la erosión hídrica del suelo en un sector del municipio de Moa. Revista Minería y Geología Vol. XVII No. 3-4,2000. ISSN 0258 5979.

Regalado. Z (2011) "Medidas contra la desertificación y la sequía en Pinar del Río",

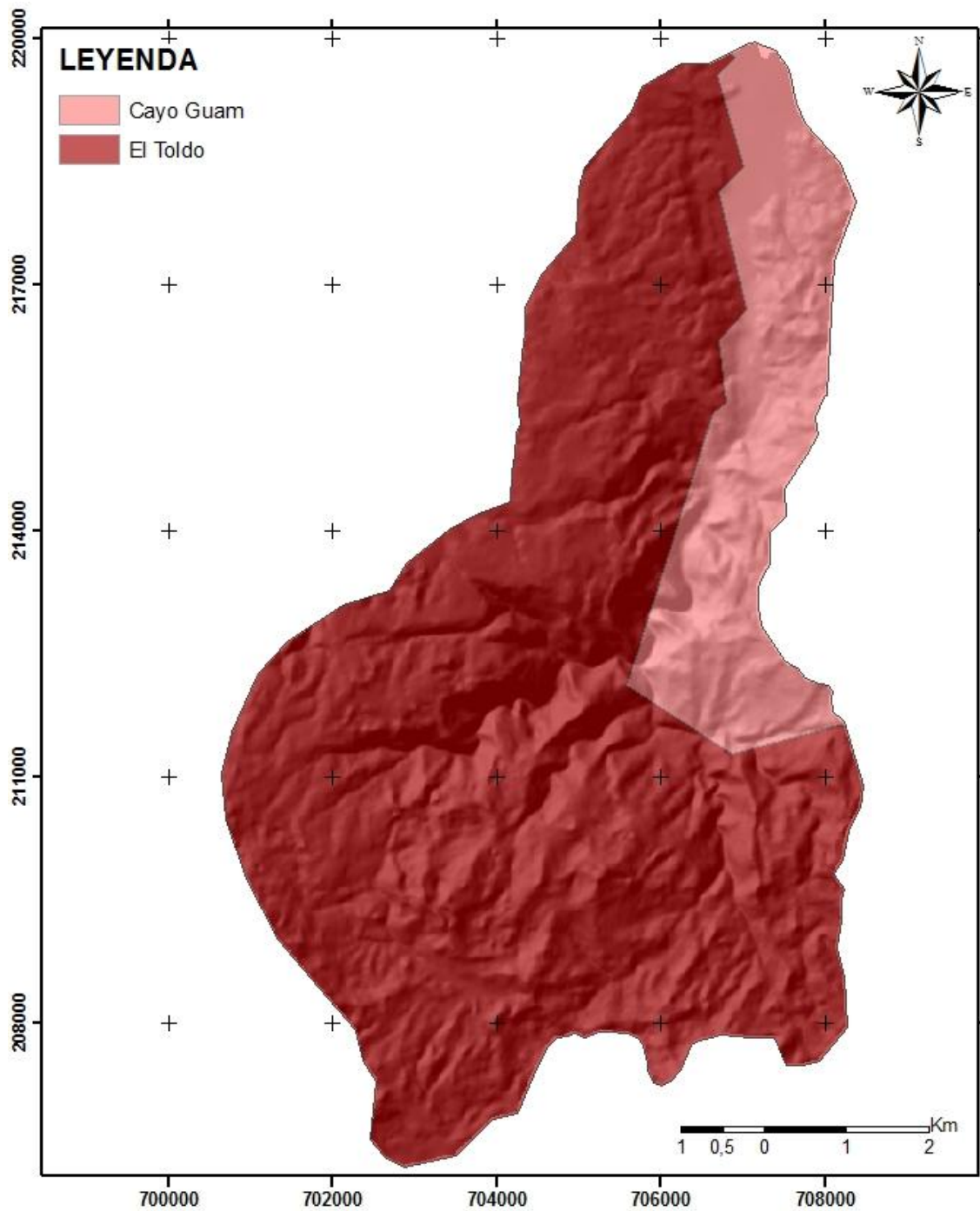
Santibáñez Quezada; Fernando, Paula Santibáñez Varnero (2003), Monitoreo de la desertificación mediante indicadores ambientales y sociales y métodos participativos: el sistema MONITOR. Capítulo VIII IX Reunión Regional de América Latina y el Caribe, Bogotá, D. C., 18 al 20 de junio de 2003.

## **ANEXOS**



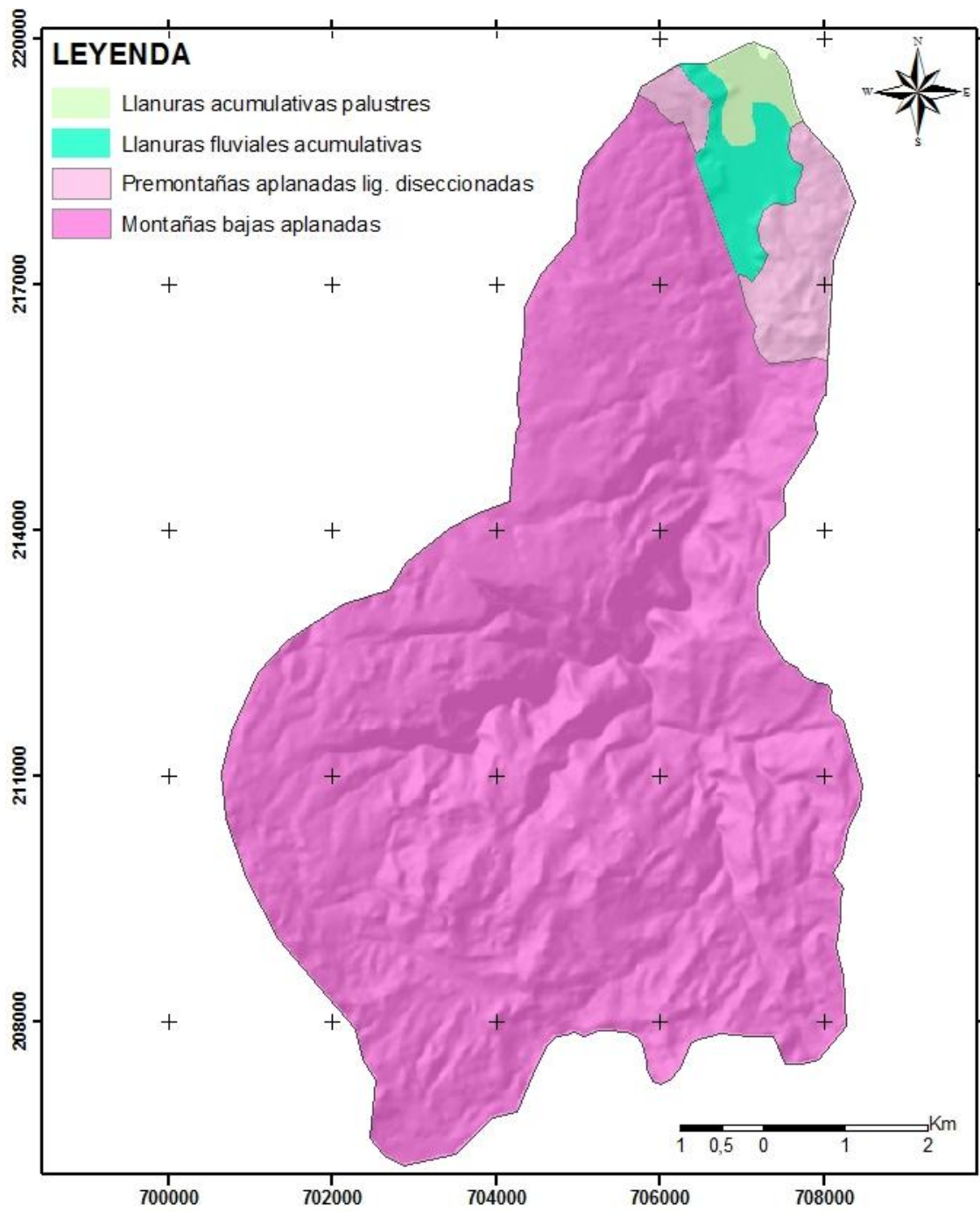


Anexo 1. Mapa geológico de la cuenca hidrográfica del río Cayo Guam. (Tomado de Rodríguez, 1998 escala 1: 500000).

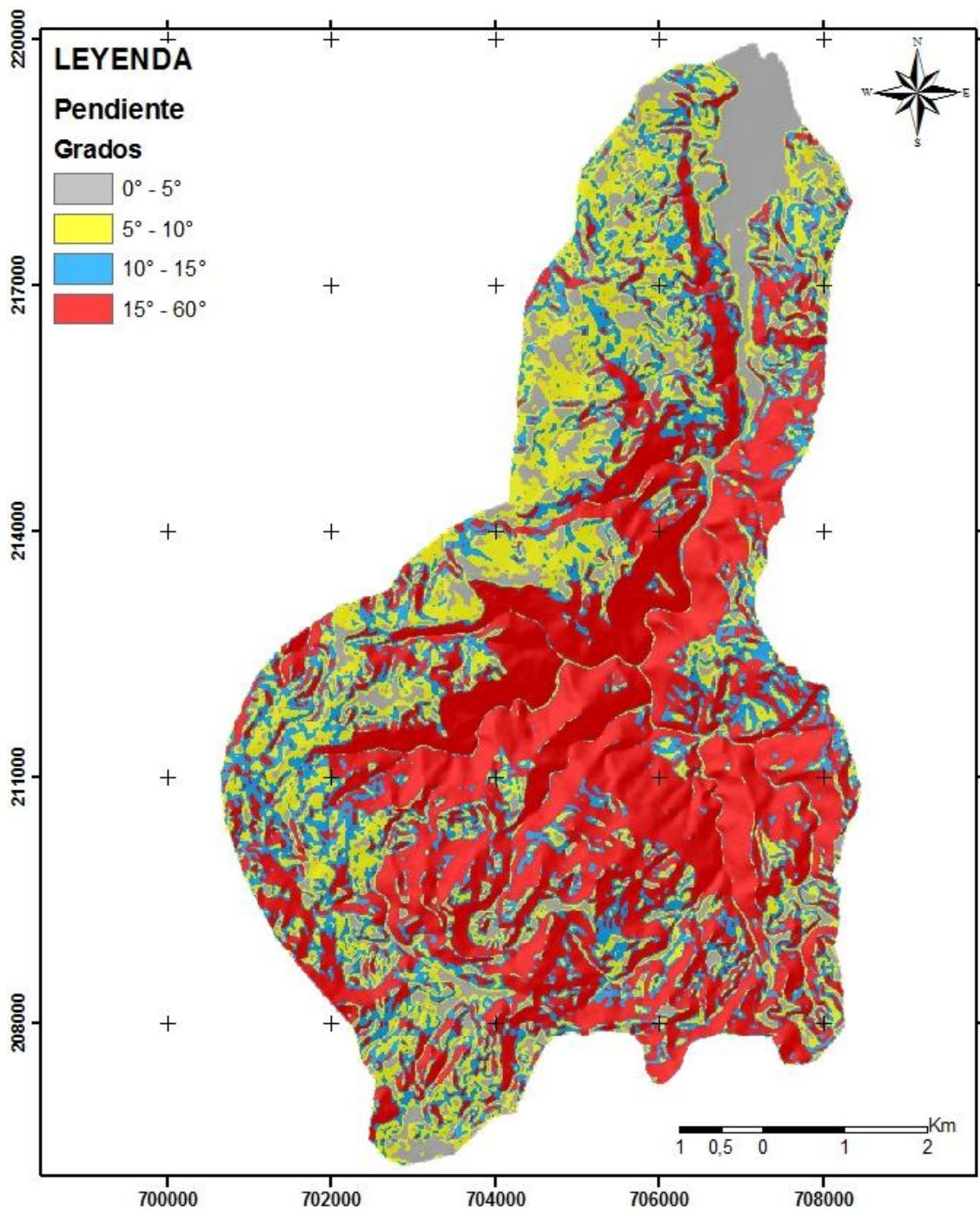


Anexo 2. Mapa de bloques morfotectónicos de la cuenca hidrográfica de la cuenca del río Cayo Guam (tomado de Rodríguez, 1998).escala 1:50000

Dannier García Quintana



Anexo 3. Mapa geomorfológico de la cuenca hidrográfica del río Cayo Guam (tomado de Rodríguez, 1998).escala 1:50000.



Anexo 4. Mapa de pendientes del terreno en la cuenca del río Cayo Guam. Escala 1:50000.

Dannier García Quintana

Dannier García Quintana