

**MINISTERIO DE EDUCACION SUPERIOR
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALÚRGICO
ANTONIO NÚÑEZ JIMÉNEZ. MOA.**

TESIS DE MAESTRÍA EN GEOLOGÍA

MENCION: GEOLOGÍA AMBIENTAL.

**TITULO: ESTUDIO DE LA EROSIÓN EN CÁRCAVAS EN ÁREAS
DEGRADADAS DEL SECTOR ESTE DEL PARQUE NACIONAL
ALEJANDRO DE HUMBOLDT.**

AUTOR: Ing. Porfilio Correa López.

TUTOR: Dr. Rafael Guardado Lacava.

2003.

AÑO DE LOS GLORIOSOS ANIVERSARIOS DE MARTÍ Y EL MONCADA.

La protección del medio ambiente es uno de los elementos básicos de un orden mundial justo, estable y pacífico.

Pérez de Cuellar.

No tenemos en nuestras manos las soluciones para los problemas del mundo, pero frente a los problemas del mundo tenemos nuestras manos.

M. Menapace.

RESUMEN

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.

El Sector Este (Baracoa), dentro del Parque Nacional, es donde existe la mayor antropización, e históricamente el mal manejo de áreas forestales, agrícolas y de usos múltiples, ocasiona que los fenómenos erosivos se intensifiquen, destruyendo no sólo el suelo, sino el ambiente local; es por ello que a través del desarrollo del presente proyecto, se pretende realizar un estudio de la dinámica de la erosión en cárcavas, con la finalidad de establecer un sistema de medidas que solucionen los problemas existentes, particularizando para cada área según las condiciones del medio físico.

CAPÍTULO I. Modelo general de la investigación.

I.1- Planteamiento del problema.

El impacto sobre los ecosistemas terrestres y los georecursos en sentido general, que viene aparejado a la erosión de los suelos, genera la degradación de territorios, lo que trae consigo consecuencias negativas y desfavorables para el manejo en las áreas naturales protegidas; es por tal razón que se hace necesario dar solución a interrogantes cómo la que se plantea en el presente trabajo y que constituye la problemática a resolver con la investigación:

¿Puede establecerse un manejo adecuado para la recuperación de las áreas degradadas por la erosión en cárcavas en el Sector Este del Parque Nacional Alejandro de Humboldt?

I.1.1- Justificación y viabilidad.

El Sector Este del Parque Nacional Alejandro de Humboldt, es un área sumamente compleja por las actividades socioeconómicas que se desarrollan desde mucho antes de ser declarada como zona protegida, de ahí que se haga necesario frenar las afectaciones al medio, producto del mal manejo, y que hoy continúan expandiéndose.

Tal es el caso de la erosión en cárcavas, fenómeno que ocasiona la degradación de los suelos y la litología, que constituyen la base para el sustento de los demás recursos naturales.

La necesidad de realizar estudios y establecer un sistema de medidas para el manejo, que responda a las exigencias del Sector, como área natural protegida, se pone de manifiesto si se analiza que no se trata sólo de aplicar métodos correctivos de cárcavas sin fundamentos, sino aquellos que realmente contribuyan con la solución del problema y que se basen en las características intrínsecas de cada región y en un seguimiento sistemático, sostenible, utilizando materia prima local.

Un manejo adecuado de las áreas degradadas por el grado superior de la erosión se justifica por lo planteado con anterioridad y debido a que la inexistencia de estudios encaminados en ese sentido trae como consecuencia no tomar las medidas correctas de prevención y corrección, manteniéndose latentes los riesgos que implican estos procesos en las áreas naturales protegidas, con la consiguiente destrucción del entorno; además, su implementación reporta beneficios tanto para el restablecimiento y conservación de los suelos, la calidad y productividad de estos, como para las labores agrícolas,

forestales y ecológicas, y permitirá un nuevo enfoque del proceso degradante, desde un punto de vista científico que va a favor del mejoramiento ambiental y origina experiencias para aplicar con posterioridad en otros sectores del Parque Nacional Alejandro de Humboldt.

I.1.2- Objetivos de la investigación.

Objetivo General.

Implementar un Plan de Manejo adecuado para recuperar las áreas degradadas por la erosión en cárcavas, en el Sector Este del Parque Nacional Alejandro de Humboldt.

Objetivos Específicos.

Definir las áreas degradadas como consecuencia de la erosión en cárcavas.

Evaluar la erosión en cárcavas y su forma de manifestarse en cada área degradada.

Elaborar un sistema de medidas para el control de la erosión en cárcavas, en el Sector Este del Parque Nacional Alejandro de Humboldt.

I.2- Marco teórico-conceptual.

El problema de la erosión de los suelos en el mundo ha interesado al hombre desde épocas pasadas, sobre todo debido a los daños que implica para los recursos agrícolas y con ello a la alimentación, lo que se traduce en necesidades socioeconómicas. A través de la interpretación de documentos antiguos se tiene conocimientos de técnicas aplicadas por los egipcios a favor de la conservación de terrenos agrícolas, como es el caso de las terrazas para el cultivo en pendiente y que también fueron empleadas por otras civilizaciones, y en la actualidad se usan ampliamente.

A pesar de lo anterior, los agricultores del mundo, en la mayoría de casos sometidos a la pobreza e ignorancia, laboraron sus tierras de modo irracional; por otro lado los trabajos de ingeniería y movimientos de tierra se desarrollaron sin tener en cuenta los posibles impactos al medio. Sólo en la época contemporánea, a raíz de que los fenómenos erosivos se incrementan debido a la acción antrópica irracional sumada al legado histórico, la humanidad se fija en la necesidad de protección y recuperación ambiental y con ello al recurso suelo.

Las causas de la erosión pueden ser abióticas y bióticas. De las causas abióticas, el agua y el viento son los principales agentes. La actividad humana se ha convertido en la principal causa biótica, inclusive puede dominar todas las causas de la erosión de suelos. Algunos se refieren a la erosión causada por el hombre como erosión

antropogénica, otros como erosión secundaria que sería lo opuesto a erosión natural o primaria.

La erosión que sufre un suelo es función de la:

Erosividad - capacidad potencial de la precipitación de causar erosión en un período determinado. La erosividad de la lluvia está en función de la intensidad, duración y época de la precipitación.

Erodabilidad- susceptibilidad del suelo a la erosión, debido a la facilidad de desprendimiento de sus partículas por acción del agua o el viento, la pendiente y clase textural. La erodabilidad es dinámica, cambia durante una tormenta, durante el año o de año en año. Los suelos pueden variar en su contenido de humedad y con ello en su resistencia a la erosión.

Cobertura - vegetación natural, los cultivos o cualquier otro tipo de cobertura que protege el suelo. La infiltración puede alterarse si la cubierta vegetal se remueve. La relación entre la erosión y la cobertura vegetal es compleja.

Manejo - uso de la tierra, manejo del suelo, cultivo, método de cultivo, patrón de cultivo, método de labranza, uso de cobertura muerta.

Además de lo anterior, se conoce que la formación de las grietas erosivas o cárcavas está influida fundamentalmente por los siguientes factores:

- Configuración del terreno.
- Características de la corteza superficial.
- Clima (sobre todo las precipitaciones)
- Cubierta vegetal.
- Tiempo.
- Medidas de recuperación aplicadas.

Cada uno de estos factores actúa tanto en el espacio como en el tiempo e interacciona con los demás, por lo que durante el desarrollo de las cárcavas, puede tener lugar la acción de uno de ellos con cierto grado de limitación debido al actuar de otro factor, el cual en una etapa ulterior pudo pasar a un plano secundario.

Las fuerzas erosivas en acción durante la formación de las cárcavas se complementan entre sí y en ocasiones predomina una sobre otra, produciendo formas típicas en el desarrollo del proceso.

La componente vertical de la fuerza erosiva de la corriente causa la erosión de fondo y su magnitud depende de la forma del perfil de la cárcava; la componente horizontal causa la socavación de los taludes laterales de la cárcava y depende de la velocidad del

agua, la forma del perfil hidráulico y de la distribución de la velocidad en el perfil (si actúa en una ladera cóncava o convexa)

Otra de las fuerzas que actúan durante la formación de las cárcavas, es el escurrimiento superficial erosivo, que se pone de manifiesto cuando el agua no entra en la cárcava por el punto colector de su cuenca, sino que fluye por la pendiente en forma de capa más o menos pareja y causa la erosión de la misma, así como de los lados, en dependencia del área, su forma, inclinación y de la cobertura vegetal.

La erosión de los lados de las cárcavas es una fuerza que actúa en lo fundamental, sobre las paredes desnudas y poco protegidas, e influyen factores como las lluvias, exposición solar y el viento, que con su accionar en conjunto, causan la desintegración del suelo de los taludes; también la gravitación terrestre es una fuerza de interés en relación con la erosión en cárcavas, pues causa en las zonas pendientes, la caída de partículas individuales liberadas por otros procesos erosivos. Su efecto depende de la forma de los lados y de las características del suelo. Esta fuerza es causante de los corrimientos y derrumbes.

La erosión en cárcavas se manifiesta en extensas regiones como testigo de malos manejos, y las medidas de recuperación en muchos casos no han sido basadas en estudios particulares, por lo que no se ha logrado la solución esperada al problema, por tal razón, en los últimos años son muchas las entidades e investigadores que se interesan por el tema, hasta tal punto que se han realizado importantes estudios al respecto, algunos de los cuales se refieren en particular a los fenómenos de formación y desarrollo de cárcavas como grado superior del proceso de erosión e inclusive, a la aplicación de medidas para controlar, mitigar y restaurar la degradación ocasionada por tales procesos.

En Cuba, luego del descubrimiento, las áreas boscosas han sido sometidas a intensa explotación, desde el punto de vista forestal y agrícola, utilizando técnicas incompatibles con el entorno natural, que han conllevado a la pérdida de la fertilidad y la degradación de los valores estrechamente relacionados con la litología y los suelos, como es la flora, fauna, recursos hídricos, entre otras, generándose así una cadena de destrucciones dependientes en lo que la erosión en cárcavas juega un papel importante, sobre todo en zonas montañosas, por tal razón científicos y especialistas han estudiado el fenómeno con la finalidad de reducir el impacto ambiental y se ha logrado, aunque insuficiente, cierta experiencia en la materia.

Para enfrentar la degradación de suelos de manera efectiva se debe incentivar el uso de

prácticas de conservación sencillas, de bajo costo y que puedan mejorar el ecosistema. Los puntos principales de dicha estrategia son: mejoramiento del uso de la tierra, aumento de la cobertura vegetal, aumento de la infiltración de agua, control de la escorrentía, reducción de la pendiente y participación de los agricultores y pobladores en caso de las áreas protegidas, en todo el proceso de la planificación de la conservación de suelos.

En los territorios que comprende hoy el Parque Nacional Alejandro de Humboldt, se realizaron diversas acciones que trajeron aparejado el surgimiento de la erosión en cárcavas, lo que amenaza los intereses del área protegida, pues constituye un factor potencialmente degradante, y de lo cual depende en gran medida la destrucción o recuperación de otros recursos naturales; en estos territorios se iniciaron investigaciones al respecto que han comenzado a dar buenos resultados aunque la problemática se mantiene vigente.

Desde la instauración del Parque Nacional, en 1995, se vienen realizando labores de control de la erosión, dentro del programa forestal del Plan Operativo, pero hasta el momento no se ha realizado un estudio que permita conocer a fondo la dinámica de este tipo particular de fenómeno y establecer un sistema de medidas para combatir el proceso y con ello lograr la recuperación de las áreas degradadas por tal motivo.

En el Sector Este (Baracoa), se realizó un trabajo encaminado al control de las cárcavas, utilizando métodos tradicionales y se inician algunas investigaciones preliminares, pero esto en ningún modo es suficiente. En la actualidad no se trata sólo de aplicar métodos correctivos de cárcavas, sino aquellos que realmente resuelvan el problema planteado, y se basen en las características intrínsecas de cada región, así como su seguimiento sistemático y manejo adecuado.

En síntesis, tanto a nivel internacional como nacional se han desarrollado investigaciones relacionadas con el tema de la erosión hídrica en general y la erosión en cárcavas en particular, muchas de las cuales fueron consultadas y se explican a continuación.

I.2.1.Revisión bibliográfica.

Muchos autores coinciden en que los procesos de erosión por cárcavas y los factores determinantes, son menos conocidos que la erosión laminar (Heede, 1979; Imeson y Kwaad, 1980). Principalmente las investigaciones se han dirigido a la caracterización

morfológica de las cárcavas y de los estados de desarrollo (Ireland et al., 1939; Heede, 1970; Imeson y Kwaad, 1980; Crouch y Blong, 1989). El desarrollo de modelos se ha encaminado a los modelos cualitativos y de base empírica (Seginer, 1966; Thompson, 1964; Donker y Damen, 1984), y se centran principalmente en la predicción del avance de la cabecera de las cárcavas.

Los estudios de erosión en cárcavas han estado asociados también a los mecanismos de transporte de sedimentos. Trabajos como el de Walter Willi (Willi Walter. “Zurfrage der sohlenerosion bei grossen gefaellen”. Mitteilungen Nr. 68. Technischen Hochschule Zuerich. 1966), muestran que los niveles de erosión expresados en volumen por unidad de ancho, dependen de la pendiente del tramo afectado I_s , de su longitud L , del caudal específico q y de la forma del perfil longitudinal, expresado por el factor F .

Entre los principales trabajos acerca del tema tratado, se puede mencionar el de los profesores investigadores de la Facultad de Ciencias Agrícolas y Forestales de la Universidad Autónoma de Chihuahua, en México (Olivas García J. M. y Palma Escamilla J. I. , 1999), quienes realizaron estudios para la estabilización de un sistema de cárcavas profundas, aunque en un área restringida, pero donde se hizo necesario tener en cuenta varios factores para la recuperación. En el cuerpo del trabajo se dan algunas de las medidas aplicadas en este caso, las cuales en su mayoría son mecánicas o tecnológicas y por lo mismo costosas. La investigación corresponde al tipo de estudios puntuales y se refiere a condiciones únicas del lugar, tanto de suelo como de otros factores actuantes, y las medidas de recuperación son para esa zona en cuestión.

Referente a la erosión en cárcavas y la formación de estas en zonas de altas pendientes, se trata en el artículo publicado por la **FAO**, en 1967, con título “La erosión del suelo por el agua”, exponiéndose que:

La cantidad de surcos que se forman puede variar ampliamente, dependiendo de la irregularidad del terreno y de la magnitud que alcanzan las tensiones de corte. La erosión en surcos se atribuye a la energía del escurrimiento, proporcional al cuadrado de la velocidad de flujo. Así por ejemplo, cuando la velocidad de flujo supera valores de 30 cm/s, frecuente en el flujo laminar, a 60 cm/s, la capacidad de desprendimiento de suelo del agua se cuadruplica. La capacidad de transporte de suelo varía en relación con la quinta potencia de su velocidad. Por ejemplo, si la velocidad de flujo varía de 30 cm/s a

60 cm/s, el poder de transporte de suelo aumenta en treinta y dos veces. La erosión en surcos origina el transporte de parte de la capa arable, pudiendo alcanzar el subsuelo.

La profundización de los surcos puede generar procesos de formación de cárcavas y se presentará cuando el escurrimiento incrementa las velocidades de flujo y por lo tanto las tensiones de corte del flujo superarán las tensiones de corte resistentes de los materiales componentes de los perímetros de suelo afectado.

Valentín Contreras Medrano, Director Técnico de Bonterra Ibérica, es otro investigador que trata el tema de la erosión en cárcavas y propone medidas de conservación para terrenos afectados por ese fenómeno; en su trabajo “Realización de trabajos prácticos: actuaciones de prevención y corrección de la erosión”, correspondiente a un proyecto español para la protección del suelo en cultivos de olivo (2000), expone diferentes ensayos y muestra técnicas no agresivas para el paisaje, la fauna y la flora. Los métodos propuestos son sencillos y viables y se busca siempre la utilización de maquinaria económica y materiales asequibles. A continuación se exponen algunos de sus puntos de vista:

Aplicación de métodos mecánicos para controlar la erosión

Ensayo de diferentes hidrotecnias para el control de torrentes y cárcavas de gran longitud aprovechando materiales del propio terreno. Para ello se ensayan diferentes estructuras de retención o diques con los que se trata de provocar un frenado de la velocidad del agua y por tanto una disminución de su capacidad erosiva así como retener los sólidos para provocar la colmatación de estas estructuras

Aterramiento y relleno de cárcavas con restos de podas: por medio de gradas y añadiendo restos de podas se procede al recubrimiento y protección de cárcavas y torrenteras obteniendo muy buenos resultados en la retención de los sedimentos arrastrados por la lluvia.

Revegetación

En este aspecto el investigador se refiere a la reforestación mediante siembras de semillas de plantas asociadas a la vegetación o cultivo de la región, utilizando y experimentando técnicas tradicionales, y especifica para el control de laderas la plantación de matorral autóctono de uno y dos años, todo lo cual es de gran interés para la restauración de terrenos degradados en las áreas naturales protegidas.

La utilización de los Sistemas de Información Geográficas para el estudio de las cárcavas ha sido de utilidad en los últimos años, así se pueden mencionar trabajos como “Erosión por cárcavas en parcelas de viña en áreas mediterráneas. Un modelo para predecir la probabilidad de inicio de cárcavas mediante SIG”, de **A. Meyer y J. A. Martínez-Casanovas**, (2000) en el cual se hace referencia a la modelización de este fenómeno geológico y se considera que en una zona con condiciones intrínsecas favorables al desarrollo de cárcavas, se hace necesario la identificación a nivel de parcela del riesgo de erosión con el fin de la planificación de medidas de control.

Las investigaciones desarrolladas en nuestro país hasta el momento, relacionadas con la erosión en cárcavas, son muy escasas, por lo que se requiere continuar las mismas a fin de obtener mejores resultados.

Entre los estudios cubanos más significativos, se destaca el iniciado en 1966 por el Ingeniero Jaroslav Hylsky, colaborador del Instituto de Geología de la Academia de Ciencias de Cuba, el cual fue publicado en la Serie Oriente, con los números 7, 8, 9, 10, 11, 12, y con el título “Erosión en Cárcavas”. En esta publicación se abordan ampliamente los temas relacionados con la erosión, particularizando en el desarrollo de las cárcavas y su posible manejo, por lo que ha servido de base a las labores de conservación del suelo con diversos fines, y es material obligado de consulta en la temática. Otros libros publicados exponen las mismas tesis presentadas por el investigador mencionado, como son los casos de los manuales de conservación de suelos editados en Cuba.

A pesar de lo anterior, se debe destacar que las investigaciones realizadas por el Ingeniero Jaroslav Hylsky, se concretan al suelo laterítico y no tienen en cuenta otros tipos con características distintas, aunque en algunos casos pueden coincidir las formas de manifestarse la erosión, y de todas formas los métodos de estudios se pueden utilizar en casos diferentes.

Es indudable que se ha avanzado considerablemente en el conocimiento de los procesos erosivos. No obstante, en cuanto a las cárcavas todavía se requiere más investigación a medio y largo plazo. La aplicación de la simulación de los procesos de erosión a través de formulaciones matemáticas requiere del reconocimiento visual de campo y región sin el cual será difícil interpretar, e incluso simular, los procesos de degradación de suelo y la erosión histórica, con la finalidad de luchar contra este proceso degradativo en las áreas

protegidas, sin embargo, un conocimiento del fenómeno en áreas pequeñas, puede llevar a la aplicación de técnicas adecuadas que resuelvan los problemas de la erosión en cárcavas.

I.2.2-Marco jurídico.

En la actualidad en Cuba están vigentes más de 350 disposiciones normativas relacionadas de forma directa o indirecta con la protección y conservación del medio ambiente, entre las que se incluyen leyes, decreto-leyes, decretos, resoluciones, acuerdos y otras denominaciones, muchas de las cuales avalan legalmente las actividades dentro de las áreas protegidas y en particular las relacionadas con el uso y manejo del recurso suelo.

Entre los principales instrumentos jurídicos internacionales relativos al ambiente, de los que Cuba es parte en la actualidad, se tienen más de 90 tratados internacionales, globales, regionales y bilaterales, algunos de los cuales tienen que ver con el tema del trabajo presente, como son: Convención para la protección del Patrimonio Mundial, Cultural y Natural, de 23-11-1972; Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, de 9 de mayo de 1992; la Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la desertificación del 17 de junio de 1994; y la Carta Mundial de los Suelos, aprobada durante el XXI periodo de sesiones de la FAO, celebrada en Roma, en noviembre de 1981, entre otros.

En una certificación expedida en el Palacio de la Revolución a los 14 días de diciembre de 2001, en su Acuerdo Primero se declara al Parque Nacional Alejandro de Humboldt como área Protegida, con la categoría de Parque Nacional y su Acuerdo Tercero designa al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente como administrador de ese área protegida.

En julio de 1997 se aprueba por la Asamblea Nacional del Poder Popular la **Ley 81 del Medio Ambiente** y con ella, se regulan los instrumentos de política y gestión ambiental, y se establecen las esferas específicas de protección del ambiente, identificándose las acciones pertinentes en cada caso.

La incorporación de lo anterior, conllevó a que en las Disposiciones Transitorias PRIMERA y SEGUNDA de la Ley 81, así como en la Disposición Final PRIMERA, quedaran establecidos los mandatos que determinan la política en materia de derecho

ambiental a desarrollar, para garantizar el marco legal adecuado, que contribuya a alcanzar un desarrollo sostenible. En cumplimiento de esta Disposición se elaboró y aprobó el Decreto Ley 201 del Sistema Nacional de Áreas Protegidas de 1999.

El Decreto-Ley 2001, de 23 de diciembre de 1999 establece los principios generales por los que se rige el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, en el cual se dispone que el Consejo de Ministros y su Comité Ejecutivo, es el órgano encargado de aprobar la declaración de las áreas protegidas y sus zonas de amortiguamiento, a propuesta del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, es por tal razón que en cumplimiento de lo dispuesto en el artículo 8 del Decreto-Ley, se realizó un proceso de compatibilización de estas áreas a nivel territorial con los órganos, organismos y otras entidades que ejecutan o tienen previsto ejecutar actividades en dichos sitios, o que ostentan responsabilidades estatales o de gobierno al respecto, y la entidad que administra, con lo que se autoriza a cada uno el tipo de actividad que debe y puede realizar.

En el artículo 47 del Decreto-Ley 201 se plantea que el Plan de Manejo de un área incluirá los correspondientes estudios para la conservación, uso sostenible o recuperación de los recursos naturales, lo cual avala el presente trabajo.

En la citada **Ley 81 del Medio Ambiente**, entre las esferas específicas para la protección del medio ambiente se encuentra el recurso suelo y conforme a su Artículo 90, expone como un objetivo básico de la misma, la conservación y restauración de los suelos y el control de la erosión, sedimentación, entre otros procesos degradantes .

El artículo 106 dispone que las personas naturales o jurídicas deberán cumplir ineludiblemente, entre otras, las disposiciones siguientes:

Hacer su actividad compatible con las condiciones naturales de los suelos y con la exigencia de mantener su integridad física y su capacidad productiva y no alterar el equilibrio de los ecosistemas.

Adoptar las medidas que corresponda, tendentes a evitar y corregir las acciones que favorezcan la erosión y otras formas de degradación o modificación de las características topográficas y geomorfológicas de los suelos.

Realizar las prácticas de conservación y rehabilitación que se determinen de acuerdo con las características de los suelos y sus usos actuales y perspectivas.

Que como se puede observar, son acciones acordes con las que se ejecutan en el desarrollo de la actual investigación y propuesta de manejo.

La Ley 85, o Ley Forestal, de 1998 es otro instrumento legal que ampara el presente trabajo; la misma tiene como objetivos, establecer los principios y las regulaciones generales para la protección, el incremento y desarrollo sostenible del Patrimonio Forestal, conservar los recursos de la diversidad biológica asociados a los ecosistemas forestales, entre otros, y en su Capítulo 2, el Artículo 8 dispone que el CITMA en su carácter de rector, ejerce en cuanto al Patrimonio Forestal funciones como la de realizar acciones para la integración y coordinación de la introducción de los requerimientos para la protección ambiental en los ecosistemas forestales y controlar que las actividades relacionadas con el Patrimonio Forestal en Áreas Protegidas, tengan lugar de conformidad con la categoría y Plan de Manejo aprobados para el territorio.

I.3- Planteamiento de la hipótesis.

Después de un análisis detallado acerca de todo lo explicado con anterioridad, se llega al planteamiento de la hipótesis de trabajo:

Si se ubican las áreas afectadas por la erosión en cárcavas y se definen para cada caso las características de este proceso geológico, entonces será posible implementar un Plan de Manejo que se adecue a los requerimientos del Sector Este del Parque Nacional Alejandro de Humboldt como Área Natural Protegida.

I.4- Metodología y métodos de la investigación.

Entre los casos y problemas en que se hace necesario estudiar el medio físico, el del presente trabajo corresponde a aquellos en que este se encuentra degradado y es necesaria su recuperación, y desde el punto de vista de los fines generales que se persiguen, está dirigido al conocimiento de las características del medio en un lugar concreto con el fin de buscar las mejoras de sus condiciones y el aprovechamiento racional de los recursos; por tanto, se deben tener presentes las tecnologías y métodos

generales que se aplican a nivel global en este sentido y aquellos particulares para el territorio, aplicándolos a los casos concretos de las áreas del Sector de estudio.

Para definir las metodologías a utilizar, es necesario clasificar el caso actual de acuerdo a los objetivos que se persiguen, así se tiene que dentro de los estudios de la erosión hídrica, este se destina a determinar el grado actual de la erosión, mediante la identificación de formas erosivas y la clasificación de terrenos.

El análisis de las alternativas tecnológicas de recuperación requiere una cuidadosa evaluación prospectiva sobre la posible efectividad que tales medidas deberán tener en la corrección o estabilización, a corto plazo, de la degradación; o sea, de los procesos alterados del medio. Por tanto se desarrollará el proyecto teniendo en cuenta las siguientes etapas y tareas:

ETAPA 1. Recopilación de la información existente y capacitación.

Es una etapa previa la revisión y búsqueda de documentación y cartografía disponibles, tanto de la zona de estudio como de los temas a considerar. Permite descubrir las áreas más o menos oscuras y orientar la fase de investigación hacia los aspectos menos constatados, evitando duplicar información cuando no sea necesario.

Tarea 1- Búsqueda bibliográfica y de cartografías existentes.

Tarea 2- Entrevistas personales con especialistas en la materia y guardaparques del Sector.

Tarea 3- Capacitación en temas de erosión en cárcavas.

ETAPA 2. Inventario del medio y evaluación de la degradación.

La preparación y desarrollo del inventario constituye el primer eslabón técnico sobre el que se sustentarán las distintas fases del estudio, pues se hace una representación de la realidad físico-biológica del territorio.

Las decisiones claves en esta etapa se refieren a la elección de elementos y a la definición del nivel adecuado de prospección.

En estos tipos de trabajos dirigidos a la restauración de áreas degradadas, el inventario se centrará en el conocimiento de las características de los factores que influyen en las acciones a realizar para la restauración y de las características del entorno que pueden condicionarlos.

A través de un inventario sencillo se puede elaborar un plan de uso y manejo a nivel de área que permita evaluar las aptitudes y limitaciones e identificar alternativas para

disminuir los riesgos y tomar otras iniciativas mientras se reduce la degradación.

Dependiendo del grado alcanzado por la degradación, y de acuerdo con las características de la zona afectada, pueden ser necesarias medidas inmediatas y urgentes, tales como la implantación de señales o aislamiento del área hasta que sus condiciones sean más favorables.

Tarea 1- Recorridos preliminares por las áreas degradadas existentes en el Sector. Definir límites y ubicación.

Tarea 2- Análisis del grado de la degradación, propiedades del suelo, uso actual y tipo de vegetación para cada área.

Tarea 3- Estudio de las formas, dimensiones y dinámica de desarrollo de la red de cárcavas en las áreas degradadas.

Tarea 4- Elaboración preliminar de la información.

ETAPA 3. Identificación, análisis y definición de medidas.

Teniendo como base los conocimientos aportados por las etapas anteriores, se deben proponer las medidas a utilizar y dónde hacerlo, partiendo de un análisis cuidadoso de las condiciones de cada área, sistemas de cárcavas y cárcavas en particular, a fin de establecer un manejo adecuado.

Tarea 1- Análisis de las alternativas tecnológicas de recuperación.

Es necesario una cuidadosa evaluación prospectiva sobre la posible efectividad que tales medidas deberán tener en la corrección o estabilización, a corto plazo, de la degradación, o sea, de los procesos alterados del medio.

Para rehabilitar las áreas degradadas se requiere la introducción de prácticas de manejo adecuadas, por lo que es necesario analizar de forma correcta las alternativas posibles en la solución de los problemas erosivos. En un programa de rehabilitación se necesita estabilizar las cárcavas por medios vegetativos o mecánicos; cambiar de un manejo productivo a un manejo protectorio, entre otras acciones.

Con la ejecución de esta tarea se logra un conocimiento cabal de las medidas correctoras de diferentes tipos, lo que hace posible una correcta selección posterior de las diferentes tecnologías a utilizar y su modo de empleo.

Tecnologías de revegetación.

Incluye desde la fijación localizada de diferentes especies vegetales, hasta la implantación de reforestaciones extensivas, incluyendo la agregación de condiciones propicias para la repoblación de la fauna.

Tecnologías geotécnicas.

Consisten en la ejecución de medidas u obras de ingeniería si fuera necesario, las que estarán encaminadas a la estabilización física del medio.

Uso integrado de tecnologías.

Es muy recomendable integrar las diferentes tecnologías, a fin de obtener mejores resultados en la estabilización del área. En el caso de la erosión en cárcavas, se pueden emplear barreras físicas con objetos inanimados o de plantas vivas, así como la combinación de ellos.

Tarea 2- Definición de las medidas de recuperación para cada área.

Las medidas deben estar dirigidas a alcanzar, a corto plazo, el equilibrio de los procesos de degradación del medio físico, identificados con anterioridad. Para enfrentar la degradación de suelos por la erosión en cárcavas, de manera efectiva, se debe incentivar el uso de prácticas de conservación sencillas, de bajo costo y que puedan mejorar el entorno. Los puntos principales de dicha estrategia son: aumento de la cobertura vegetal, aumento de la infiltración de agua, control de la escorrentía, reducción de la pendiente y planificación de la conservación de suelos.

La falta de cobertura vegetal es una de las causas del establecimiento y desarrollo del proceso erosivo, por lo tanto la meta más importante de un plan conservacionista es mantener el suelo cubierto. Las prácticas para aumentar la cobertura vegetal son difíciles de recomendar o adoptar debido a que estas interfieren muchas veces con otras actividades, lo que crea la necesidad de investigación o adaptación previa de las técnicas potenciales para aumentar la cobertura vegetal.

Los mayores daños causados por un proceso erosivo, aguas abajo, son debidos al volumen de agua no infiltrado en el suelo. Cuanto menores sean los Índices de infiltración, mayores son las necesidades de obras físicas para el control de la escorrentía.

En general las tecnologías que aumentan la cobertura vegetal del suelo también aumentan la infiltración. En las áreas de ladera la infiltración está regulada por la profundidad efectiva del suelo y la pendiente, esperándose grandes volúmenes de escorrentía aunque se hayan adoptado prácticas mejoradas de manejo. Las prácticas que

favorecen la infiltración también son difíciles de recomendar o adoptar como las que aumentan la cobertura vegetal.

El control de escorrentía es el intento final para detener un proceso erosivo en el área de aporte de una cuenca. Este control se puede efectuar disminuyendo el grado y/o longitud de la pendiente y también por el manejo del agua en cauces especiales.

Las prácticas de control de escorrentía son fácilmente adoptadas por los campesinos, a pesar de su costo y de actuar en las fases finales del proceso erosivo. Estas obras físicas generalmente no interfieren directamente con los sistemas de producción o las actividades del Área Protegida, pero por lo común requieren de fuertes subsidios o incentivos, además de maquinaria y mano de obra externa. Su mantenimiento es un problema serio después que se retiran los subsidios y/o incentivos.

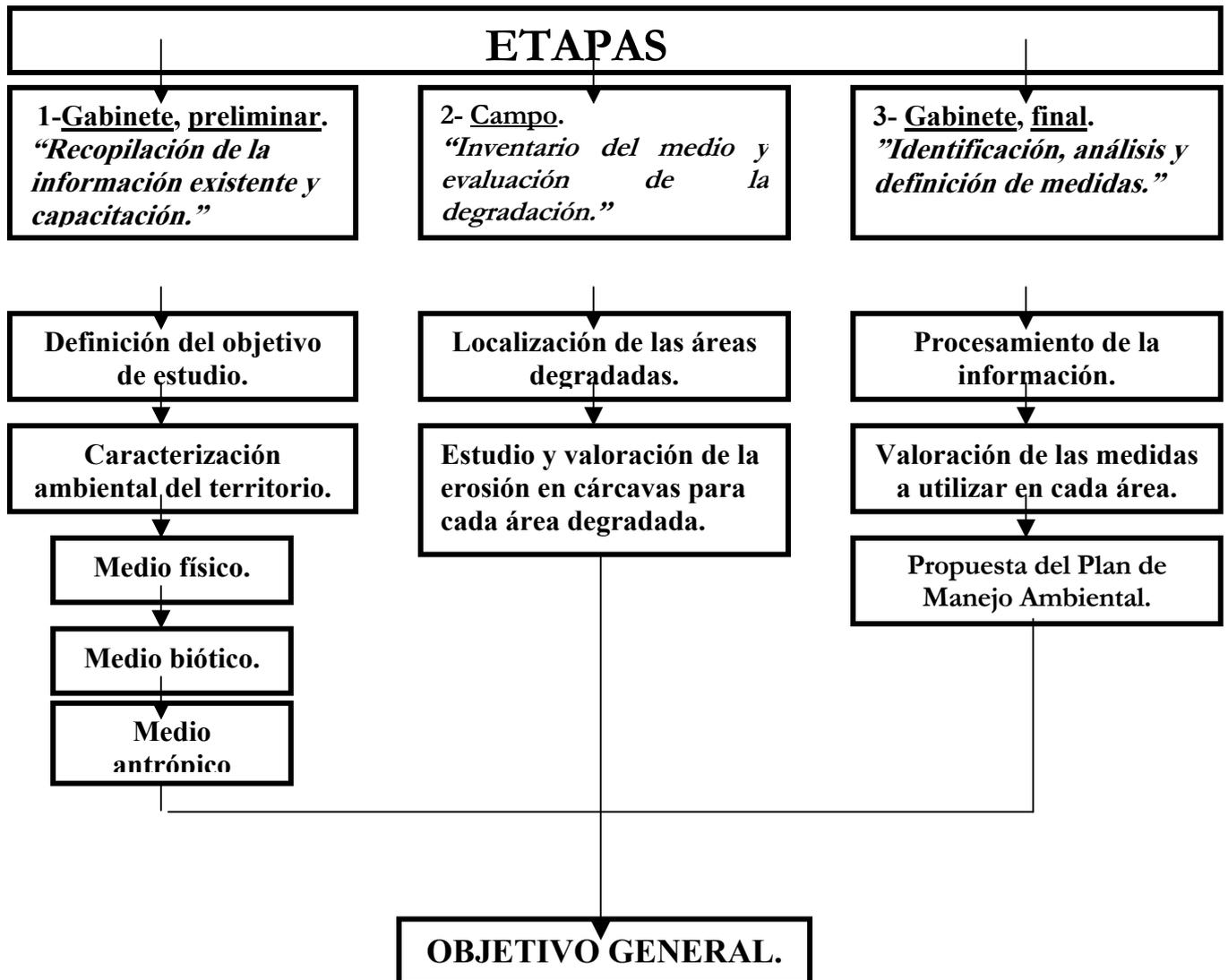
Una estrategia para controlar la erosión es la reducción de las pendientes a lo largo del perfil de las cárcavas. Los suelos en las pendientes altas no presentan tasas de infiltración suficientes para impedir excedentes que luego escurren fácilmente cuesta abajo.

Para reducir la pendiente con terrazas de absorción se requiere una información geopedológica suficientemente detallada para evitar el riesgo de los derrumbes de los taludes y por consiguiente el ensanchamiento de la cárcava y deterioro ambiental. Una manera de estimular la disminución natural de las pendientes es utilizando los sedimentos del propio proceso erosivo que son contenidos utilizando barreras vivas o muertas. Esto da lugar con el tiempo a terrazas de formación lenta.

Tarea 3- Elaboración de la propuesta de Plan de Manejo para las áreas afectadas y elaboración del informe final.

En la propuesta se adjuntarán las medidas correctoras previstas para cada área, con el nivel de detalle que se corresponda con los intereses del área y también indicaciones para la vigilancia posterior a la implementación de las medidas.

Figura 1. Metodología de la investigación.



CAPÍTULO II. Características generales de la zona de estudio.

II.1. Características del medio físico.

II.1.1: Ubicación geográfica.

II.1.2: Relieve.

La topografía del Sector es muy accidentada, caracterizándose por pendientes abruptas y fuertes desniveles, existen valles en forma de V con bordes en barrancos, despeñaderos y cañadas, entre ellos se destacan los profundos cañones del río Nibujón, Jaguaní y Jiguaní, que pueden llegar a tener pendientes del orden del 50 %. Esta porción se ubica en el macizo montañoso Nipe-Sagua-Baracoa y particularmente en las Cuchillas de Baracoa.

Entre las principales elevaciones se destaca la altiplanicie de Iberia con 740 m.s.n.m., constituyendo la mayor altitud del mismo. Las llanuras son de poca extensión y se localizan hacia la parte costera.

Resulta casi inexistente la plataforma submarina y no se encuentran cayos que puedan agruparse para constituir una unidad del relieve.

II.1.3: Geomorfología.

Se diferencian dos zonas terrestres fundamentales, las de llanuras marinas abrasivas acumulativas parcialmente cenagosas y alturas tectónicas estructurales de horst y bloques, monoclinales, aterrazadas y carsificadas. En la zona sumergida se presenta una estrecha plataforma insular formada por llanuras abrasivo-acumulativas, seguida del talud insular constituido por pendientes abruptas diseccionadas.

La mayor parte de la región se encuentra sobre montañas de horst y bloques, masivas; tectónico-erosivas del (N1-Q), consideradas montañas pequeñas, aplanadas y diseccionadas, con una altura media de 400-500 m.

La menor extensión pertenece a alturas tectónico-estructurales (N2-Q), de horst y bloque monoclinales, aterrazadas, carsificadas y llanuras marinas abrasivo-acumulativas, planas, parcialmente cenagosas (QIV) (H = 2-3 5-7 m).

Entre las formas del relieve están las de tipo denudativas, donde se destacan los derrumbes, deslizamientos y corrimientos, fragmentos de superficie de nivelación y tectónicas con fallas de expresión morfológica

II.1.4: Costas.

El principal tramo costero del PNAH se encuentra en el Sector Baracoa, con un extenso ecosistema de manglar que constituye una extraordinaria defensa litoral y sirve de hábitat a diversas especies de la fauna endémica y foránea; preservando las que pueden estar amenazadas o en grave peligro de extinción.

Numerosos son los accidentes costeros que hay en este corto espacio de 31 Km de longitud, presentándose varios entrantes y salientes, destacándose paisajes en buen estado de conservación, como las bahías de Yamanigüey, Jaragua y de Taco; playas como Fundadora y Nibujón; punta del Mangle, entre otras.

Paralelos a la costa se observan formaciones coralinas, dando lugar a una pequeña barrera. En general, son del tipo abrasivo y erosivo-acumulativas.

La bahía de Taco, clasificada como de bolsa, fue originada por la transgresión marina que inundó el valle del río Taco. Caracterizada por costa baja, aunque en el sector interior se encuentra coronada por elevaciones cárnicas de poca altitud.

Se encuentran en el territorio varios tipos de costas:

Costa arenosa.

Costa de acantilado.

Costa de mangle.

Costa rocosa.

De arena consolidada.

De diente de perro.

II.1.5. Características marinas.

La temperatura promedio del agua es superior a los 27° C. La salinidad se mantiene en 36, mientras que el oxígeno en superficie presenta valores cercanos a los 4 ml/l. La corriente marina más frecuente es de E a W con velocidades inferiores a los 50 cm/seg.

II.1.6. Carsología.

Existe una zona cársica llana litoral con alturas inferiores a los 20 m y carso desarrollado en terrazas marinas, con zonas de diente de perro o lapiéz. En algunos puntos se presenta diseccionado, pudiendo ser mogotiforme. Están presentes, además grietas y cuevas.

El 30 % del territorio está formado por rocas carsificadas en mayor o menor grado. Existe un predominio de alturas aisladas de cimas planas de extensión variada, que representan restos de una superficie originalmente continua, constituida por rocas del complejo ofiolítico ($300 < H < 600$), que reflejan la litología, el agrietamiento, la estratificación y posición de las calizas respecto a los niveles de base locales.

En las llanuras costera, se desarrolla el carso litoral, determinado por la estratificación subhorizontal con buzamiento leve de los estratos hacia las márgenes de la plataforma insular, de edad Neógena-Cuaternaria; por la superposición regresiva de los estratos litológicamente distintos, por el alto grado de permeabilidad y por su posición baja con respecto a las alturas adyacentes.

II.1.7. Características hidrográficas.

Cuba, por su condición de isla larga y estrecha, cuenta con dos vertientes hidrográficas, una al norte y otra al sur, por lo que casi la totalidad de sus ríos son cortos y de pequeños caudales en el período seco, y grandes caudales en el período húmedo. El sector Este pertenece a la vertiente norte, en el que encontramos una rica red, destacándose el río Jaguaní, con un módulo de escurrimiento anual de $56 \text{ m}^3/\text{seg.}$ considerado uno de los mayores del país. En sentido general las corrientes superficiales son de poca longitud y caudal alto a moderado, con fuente de abastecimiento pluvial, manteniendo un caudal estable y en su curso se han formado valles de diversos tipos de morfología; en la parte superior son característicos los desfiladeros, cañones y valles en forma de V, en la parte inferior los valles son de plano de inundación.

Se consideran ríos jóvenes, con perfil longitudinal irregular, donde abundan los rápidos y cascadas, con laderas de pendientes abruptas; hay un predominio de la erosión vertical y los tributarios son cortos, pero con características similares a los principales.

Existen cuatro cuencas importantes: Nibujón, Taco, Santa María y Jiguaní, que son ríos de caudal apreciables durante el año.

Son ríos alóctonos que desarrollan sus cauces sobre rocas de diferente composición, originadas como consecuencia de los nuevos paisajes creados por la orogenia más reciente, de ahí sus formas, por lo que se pueden clasificar como consecuentes. Cerca de las desembocaduras, presentan meandros y “meandros atrincherados”, estos últimos, prueba de la elevación lenta del territorio. Los deltas lineales son algo específico de los ríos de Baracoa, con bancos arenosos que separan las aguas marítimas de las del río, como consecuencia de la acción de las corrientes marinas, la marea y el oleaje actuando contra la corriente fluvial.

Entre los 600 y 620 m de altitud se encuentran varias lagunas (lagos) de alimentación pluvial, que en el período de estiaje, disminuyen sus reservas y en extremas sequías, pueden secarse del todo.

II.1.8. Clima.

La posición geográfica de la isla de Cuba en el campo de acción de los Alisios y su forma alargada, en sentido este-oeste, provocan gran influencia del relieve sobre las temperaturas y la distribución de las precipitaciones.

En el macizo Nipe-Sagua-Baracoa, se desarrollan variables meteorológicas con características diferentes a las que ocurren en el resto del territorio nacional, por la influencia orogénica, que sirve de barrera al paso de los vientos.

En los meses de marzo y abril se desarrollan la mayor cantidad de días despejados, lo que permite que la radiación solar no sea tan intensa; la misma tiene un promedio anual de $16,0 \text{ mJ.m}^{-2}$, ocurriendo la mínima en octubre, noviembre y diciembre con $15,0 \text{ mJ.m}^{-2}$ y la máxima en abril, con $17,0 \text{ mJ.m}^{-2}$.

Los vientos predominantes son del rumbo este y del nordeste, con velocidad anual de **19,5 Km**

La temperatura media del año es de 24° C , los valores mínimos se observan en enero, con 21° C y los máximos en julio, con 26° C .

El régimen de precipitaciones es diferente al resto del país; el hecho más notable es el desplazamiento que existe en cuanto a las máximas mensuales, que ocurren en los meses de noviembre y diciembre con valores de hasta 3 800 mm (el mayor del archipiélago), las

mínimas se desarrollan en marzo y abril, con valores de 1 200 mm. Como se deja ver, existe una distribución estacional irregular, determinada por una significativa disminución dentro del período lluvioso y tendencia a la ocurrencia de láminas máximas al final del mismo.

La humedad relativa tiene un a media anual de 87%, siendo a las 07:00 horas de 95% y a las 13:00 horas de 80%.

Durante el año se presenta una frecuencia de 120 días con turbonadas (uno de los más elevados del país).La evaporación es considerada también como una de las más bajas, con valores de 1 800 mm en el año.

II.1.9. Suelos.

De manera general se presentan 9 Tipos de suelos, los cuales abarcan 14 Subtipos, siendo estos los siguientes:

FERRÍTICO PÚRPURA; TÍPICO (IA)

Estos suelos ocupan posiciones fisiográficas de montañas bajas profundamente diseccionadas en forma de mesa. La pendiente predominante es alomada (16 – 30 %) con áreas dispersas fuertemente alomadas (30 - 45 %); por tanto la erosión es muy fuerte en sentido general.

Los suelos incluidos en este Subtipo van desde muy profundos (>100 cm) a medianamente profundos (20-50 cm), con predominio de los primeros, son medianamente humificados, la arcilla predominante es la Caolinitica (> 75 %) A pesar de ser suelos de textura arcillosa, el drenaje en ellos se comporta bueno.

PROPIEDADES QUÍMICAS

El pH/H₂O del suelo es ligeramente ácido (6.1-6.5) en el horizonte A, pasando a neutro (6.6-7.5) en los restantes horizontes, el pH/KCl aumenta de valor a medida que profundizamos en el perfil, valorado de medianamente ácido(4.6-5.5) en el horizonte A y ligeramente ácido (5.5-6.0) en el resto de los horizontes.

El Potasio (K⁺) y el Sodio (Na⁺⁺) presentan contenidos bajos en este suelo, manteniéndose casi estable (< 0.08 meq/100 g), el valor del Calcio (Ca⁺⁺) es bajo, disminuyendo ligeramente con la profundidad. El contenido de materia orgánica es evaluado de mediano (2-4%) y bajo (< 2%) en los horizontes A y B respectivamente. En

cuanto a los análisis agroquímicos, el Fósforo (P₂O₅) y Potasio (K₂O) asimilables (< 15 mg/100g y < 10 mg/100g respectivamente), disminuyen con la profundidad.

FERRÍTICO PÚRPURA; CONCRECIONARIO (IB)

Este suelo se encuentra situado en la parte norte. Su pendiente predominante es alomada (16.1-30.0 %) (la mínima (8.1-16.0 %) evaluada de ondulado y la máxima (30.1-45.0 %) como fuertemente alomado. La erosión es fuerte, favorecida en lo fundamental por la topografía alomada y el tipo de arcilla (caolinita) del suelo, además del drenaje superficial que es excesivo, lo que provoca un fuerte arrastre a favor de la pendiente. El drenaje interno es moderado y el general excesivo. La profundidad efectiva media de este suelo es de 53 cm y se evalúa como medianamente profundo.

PROPIEDADES QUÍMICAS

El pH en KCl y H₂O presentan valores medios de 5.1 y 5.9 a través de todo el perfil. Entre los cationes adsorbidos, el calcio (Ca⁺⁺) se evalúa de mediano en los primeros horizontes, disminuyendo con la profundidad. Los mayores valores corresponden a los horizontes A y B (5.6 meq/100 g) y el menor al horizonte B₃ (2.0 meq/ 100 g) El Potasio (K⁺) se mantiene bajo en todo el perfil del suelo, con valores menores de 0.1 meq/ 100 g, el Sodio (Na⁺) es bajo en la superficie y aumenta en la profundidad; sus valores aumentan desde 0.07 hasta 0.63 meq/ 100 g. El contenido de materia orgánica en el primer horizonte es mediano (4.0 %) y bajo (2.0 %) en el horizonte B. Los resultados de los análisis agroquímicos, son evaluados de muy bajos en el suelo tanto el Fósforo (P₂O₅) como el Potasio asimilable (K₂O)

FERRÍTICOS PÚRPURA; LATERIZADO (IC)

La pendiente predominante es alomada (16.0-30.0 %) con áreas dispersas fuertemente alomado (30.0-45.0 %) La erosión predominante se evalúa de fuerte en sentido general. Los suelos incluidos en este Subtipo poseen una profundidad efectiva promedio clasificada de poco profundo (24 cm), limitada por el alto contenido de concreciones con mayor del 50% de presencia en el suelo, formando bloques duros denominados Lateritas, el cual le da las características y nombre del Subtipo.

PROPIEDADES QUÍMICAS

EL Ph/H₂O se presenta variable, evaluándose de ligeramente ácido (6.1-6.5) en el

horizonte A, pasando a neutro (6.6-7.5) en los restantes horizontes. El pH/KCl también tiende a aumentar con la profundidad, evaluado de medianamente ácido (4.6-5.5) en el horizonte A y ligeramente ácido (5.5-6.0) en el resto de las profundidades. El Potasio (K⁺) y el Sodio (Na⁺) se hayan bajos (< 0.08 meq/100 g) en este suelo, manteniéndose casi estable. El calcio (Ca⁺⁺) es bajo con ligera disminución con la profundidad. La materia orgánica en el primer horizonte alcanza valores entre 2.0-4.0 %, evaluado de mediana y en el segundo horizonte < 2 % (bajo) Con respecto a los análisis agroquímicos, el Fósforo asimilable (P₂O₅) y Potasio asimilable (K₂O) son evaluados de muy bajo con valores de < 15.0 y < 10.0 mg/100g respectivamente.

FERRALÍTICO ROJO; TÍPICO (IIA)

Predominan las pendientes alomadas y la erosión fuerte, la que se agrava por las abundantes precipitaciones de la zona. Son suelos muy profundos y profundos, medianamente humificados. Presenta una textura arcillosa (> 75 % de arcilla caoliníticas) El contenido de piedras y rocas es poca con 0.81 % y 1.20 % respectivamente. El drenaje de forma general se evalúa de regular por ser la topografía predominante alomada (16-30 %), siendo el drenaje superficial excesivo y el interno bueno.

PROPIEDADES QUÍMICAS

El pH/KCl y H₂O (3.5-4.5 y 5.0-5.5 respectivamente) no ofrecen variaciones en el perfil por lo que se muestran estables, calificándose el suelo de ácido.

El Potasio cambiante (K⁺) experimenta variaciones muy poco significativas a través del perfil aunque su valor mayor se encuentra en el horizonte A, evaluado de bajo. El calcio (Ca⁺⁺) es bajo, disminuyendo con la profundidad. La Materia Orgánica es evaluada de bajo en los dos primeros horizontes (< 3.0%), disminuyendo con la profundidad. Los índices agroquímicos como son el Fósforo (P₂O₅) y Potasio (K₂O) asimilables, disminuyen con la profundidad, calificándose de muy bajo (< 15%) y de baja fertilidad.

FERRALÍTICO ROJO LIXIVIADO; TÍPICO (IIIA)

Con la intensificación de la cultura forestal en la zona, grande áreas bajo estos suelos se dedican a plantaciones monotípicas, esencialmente de Pino y Majagua, especies que se suman también a la rica flora de la región. Predominan las pendientes alomadas (16.1-

30.0 %) con pendientes máximas fuertemente alomadas (30.1-45.0 %) y muy fuertemente alomadas (45.0-60.0 %) La erosión predominante es fuerte con áreas evaluadas de medianas. El drenaje general en estos suelos es bueno con zonas bien definidas de drenaje muy bueno y excesivo. Por la profundidad efectiva media (39 cm), estos suelos son poco profundos.

PROPIEDADES QUÍMICAS

El Ph/KCl como en H₂O (3.5-4.5 y 5.0-5.5 respectivamente), es ácido en todo el perfil del suelo con una ligera tendencia a disminuir con la profundidad. El catión Calcio (Ca⁺⁺) se evalúa de bajo (4.29 meq/100 g) en todos los horizontes del suelo tanto para los valores de la media como para los valores extremos y disminuyen con la profundidad.

La presencia del catión Potasio (K⁺) dentro del complejo de cambio se evalúa de mediana (0.11 meq/100g) para los horizontes superiores, así como bajo (0.06 meq/100g) para los restantes. El Sodio (Na⁺) en cambio se considera mediano (0.15 meq/100g) para todos los horizontes del suelo.

El contenido de Materia Orgánica en el suelo es mediano (3.1-5.0%) en el horizonte A, así como bajo (1.5-3.0%) en el horizonte B.

La cantidad de Fósforo (P₂O₅) y potasio (K₂O) asimilable en el suelo tiende a disminuir con la profundidad evaluándose de muy bajo (< 2.37 y < 7.84 mg/100g respectivamente) en todo el perfil.

La causa principal de estos bajos contenidos de nutrientes puede estar relacionada al pH ácido existente en estos suelos, por lo que las formas libres de hierro y aluminio reaccionan con los fosfatos provocando compuestos fosfáticos sumamente insoluble e inaccesibles para las plantas.

FERRALÍTICO AMARILLENTO; TÍPICO (IVA)

Ocupa un territorio abruptamente montañoso, de montañas bajas profundamente diseccionadas y una pendiente fuertemente alomada (30-45 %), por lo que la erosión va desde mediana a muy fuerte. La profundidad podológica va de 51-90 cm (medianamente profundo) y la Humificación oscila desde poca a mediana (1.5-4 %) La textura varía en dependencia del material originario, desde arcilla caolinítica en materiales transportados y corteza de meteorización, hasta loam arenoso. El drenaje interno y general de estos suelos es regular, pero el drenaje superficial es excesivo.

PROPIEDADES QUÍMICAS

El pH/KCl es ligeramente ácido (5.5-6.0) y el pH/H₂O neutro (6.6-7.5), estos valores se mantienen a través de todo el perfil. El Potasio (K⁺) y Sodio (Na⁺) se hayan bajos en el suelo, manteniéndose estable; el Calcio (Ca⁺⁺) se encuentra medianamente bajo. El contenido de Materia Orgánica es evaluado de bajo (1.5-3.0 %), por lo que estamos en presencia de un suelo poco humificado. El Fósforo (P₂O₅) y Potasio (K₂O) asimilables, es evaluado de muy bajo y bajo (< 15 mg/100 g y 10-15 mg/100g respectivamente)

FERSIALÍTICO ROJO PARDUZCO; FERROMAGNESIAL (VIIA)

Generalmente de textura arcillosa, con drenaje superficial excesivo producto a su topografía fuertemente alomada (30.1-45.0%), drenaje interno bueno y el general regular. La profundidad efectiva que más predomina es la poca con una media de 45 cm.

PROPIEDADES QUÍMICAS

El pH/KCl es constante en todo el perfil alcanzando valores de ligeramente ácido (5.5-6.0) por sus valores medios, lo mismo sucede con el pH/H₂O con la diferencia de que este es evaluado de neutro (6.6-7.5) Entre los cationes absorbidos el más relevante es el Magnesio (Mg⁺⁺), el cual aumenta con la profundidad tomando valores de medio en sus primeros horizontes y de alto en el último horizonte, seguido este por el Calcio (Ca⁺⁺) el cual es medio en todo el perfil, el Potasio (K⁺) y el Sodio (Na⁺) presentan contenidos bajos. El contenido de materia orgánica disminuye con la profundidad, siendo evaluada de mediano (3.6-5.0 %) en el horizonte A y bajo (1.5-3.0 %) en el B. El Fósforo (P₂O₅) y Potasio (K₂O) asimilable, ambos disminuyen con la profundidad y a su vez son calificados de muy bajo (< 15 y 10 mg/100g) respectivamente.

PARDO SIN CARBONATOS; TÍPICO (IXA)

Este Subtipo se encuentra distribuido por casi toda la zona. La pendiente en estos suelos es muy variable que van desde ondulado a muy fuertemente alomado (4.1-30.1 %), predominando la pendiente alomado (16.1-30.0 %) La erosión es fuerte en la mayoría de las áreas, resultado de la pendiente existente en la zona, siendo estimulado además por el excesivo drenaje superficial, ya que la incidencia de las lluvias en la región son las mayores del país. La profundidad efectiva media es 48 cm evaluado como poco

profundos.

PROPIEDADES QUÍMICAS

Atendiendo a los valores medios el pH/KCl es medianamente ácido (4.6-5.5) y disminuye con la profundidad. El pH/H₂O (5.6-6.0) presenta el mismo comportamiento. En el complejo absorbente, el contenido de los cationes Ca⁺⁺, K⁺ y Na⁺ es bajo y el Mg⁺⁺ se manifiesta alto. De acuerdo a los valores medios de la materia orgánica es evaluado de mediano el primer horizonte con 3.12% y bajo el segundo con 1.73%. Los índices agroquímicos (Fósforo y Potasio asimilables), se comporta en el suelo de muy bajo y bajo respectivamente.

PARDO SIN CARBONATOS; PLASTOGÉNICO (IXH)

Los suelos de este Subtipo se encuentra una extensa área donde la erosión es mediana. El drenaje interno, por ser un suelo con alto contenido de arcilla, es de lento a moderadamente lento; el superficial aunque es excesivo por las pendientes pronunciadas se califica como muy bueno, mientras que el drenaje general, teniendo en cuenta lo antes señalado se califica como bueno, ya que los suelos no sufren encharcamiento.

PROPIEDADES QUÍMICAS

EL Ph/H₂O como en KCl, presentan como características, la disminución de sus valores con la profundidad del suelo, evaluándose de ligeramente ácido (5.5-6.5) en los horizontes A y B y medianamente ácido (5.0-5.9) respectivamente. Dentro del complejo de cambio, el Ca⁺⁺ K⁺ y Na⁺ se evalúan como muy alto en todos los horizontes del suelo, presentando valores que difieren muy poco de un horizonte a otro. En el horizonte A la materia orgánica es alta (5.13 %) lo que favorece la fertilidad natural del suelo, en el horizonte B es baja (2.49 %) El Fósforo asimilable (P₂O₅) es muy bajo (3.80 mg/100g) para todo el perfil, el contenido de Potasio (K₂O) en el primer horizonte según los valores medios es alto (21.40 mg/100g) y en el horizonte B es mediano (16.61 mg/100g), disminuyendo ambos índices con la profundidad.

PARDO CON CARBONATOS; TÍPICO (XA)

Los suelos pertenecientes a este Subtipo se encuentran ubicados en una considerable porción del Sector. La pendiente que caracteriza este Subtipo es muy variable, predominando las alomadas (16.1-30.0 %), con algunas áreas de pendientes fuertemente

onduladas (8.1-16 %) y fuertemente alomado (30.1-45.0%) Predominan los suelos de fuerte erosión, seguidos de áreas con mediana erosión. El drenaje es muy variable, dependiendo de la posición que ocupan los suelos, su composición, textura, pendiente, etc. encontrándose desde moderado hasta excesivo, aunque predominan los suelos de buen drenaje. La profundidad media (25-50 cm), es decir poco profundos.

PROPIEDADES QUÍMICAS

Los valores de pH/H₂O y KCl se mantienen constantes a través de todos los horizontes, calificándose como medianamente alcalino (8.1-8.5) y ligeramente alcalino (7.1-8.0) respectivamente. El comportamiento uniforme de ambos pH en estos suelos se debe a la presencia de altos contenidos de carbonatos a través de todo el perfil. Entre los cationes absorbidos, el Calcio (Ca⁺⁺) predomina, calificándose de alto en los dos primeros horizontes y mediano en el siguiente. Los cationes Potasio (K⁺) y Sodio (Na⁺) son evaluados de bajos, disminuyendo el primero y aumentando el segundo con la profundidad. En el primer horizonte, la materia orgánica es mediana (4.72 %) con valores que van desde bajo hasta alto si se tienen en cuenta sus valores extremos. El Fósforo asimilable (P₂O₅) en el primer horizonte es bajo (1.50 mg/100g) y en el segundo muy bajo (0.74 mg/100g) El Potasio asimilable (K₂O) se evalúa de bajo (20.69 mg/100g) en el horizonte A y muy bajo (9.31 mg/100g) en el B.

PARDO CON CARBONATOS; PLASTOGÉNICO (XH)

La erosión predominante va de mediana a fuerte, con pendientes de fuertemente onduladas (8.1-16.0 %) a alomadas (16.1-30.0 %) El drenaje superficial es bueno, mientras que el general es moderado, el interno esta entre lento y moderadamente lento. Por la profundidad efectiva (25-50 cm) son calificados como poco profundo.

PROPIEDADES QUÍMICAS

El pH/KCl y pH/H₂O tienen un comportamiento uniforme en todo el perfil, con ligeras fluctuaciones en la profundidad, evaluándose ambos de ligeramente alcalinos. Entre los cationes adsorbidos, el calcio (Ca⁺) predomina a través de todo el perfil, calificándose de alto, justificando el comportamiento casi estable del pH. El Sodio (Na⁺) y el Potasio (K⁺) son evaluados de alto en el horizonte superior y mediano en los horizontes inferiores. Al igual que en otros suelos Pardos, el contenido de materia orgánica es alto para el horizonte A, así como mediano en el B. El fósforo asimilable (P₂O₅) se

mantiene bajo y muy bajo en los horizontes A y B respectivamente. El Potasio (K₂O) disminuye en los rangos evaluativos desde bajo en A hasta muy bajo en B.

ALUVIAL DIFERENCIADO Y POCO DIFERENCIADO (XXVIT y XXVIS)

Los suelos Aluviales; poco Diferenciado y Diferenciado se encuentran ubicados en las terrazas de deposición formadas por los Ríos Jaguaní, Nibujón, Taco, Jiguaní y Santa María. Con pendientes de ligeramente onduladas a onduladas (2.1-8.0 %) El drenaje superficial y general es de moderado a bueno y el interno es moderado. Atendiendo a la profundidad efectiva, son por lo general suelos de medianamente a poco profundos (25-50 cm)

PROPIEDADES QUÍMICAS

Sin una tendencia definida hacia el aumento o la disminución, el pH/KCl de este suelo se evalúa de neutro (6.5-7.5) en todos sus horizontes. El pH/H₂O pasa de ligeramente alcalino en A hasta neutro en los demás horizontes (5.5-7.1) El catión predominante es el Calcio (Ca⁺⁺), disminuyendo su contenido con la profundidad del perfil, evaluándose de bajo (41.40 meq/100g) Los cationes Potasio (K⁺) y Sodio (Na⁺) disminuyen y aumentan respectivamente con la profundidad, a pesar de las fluctuaciones características en estos tipos de suelos formados por deposiciones aluviales, por su contenido son evaluados de medianos con 0.37 y 0.33 meq/100g respectivamente.

El contenido de Fósforo asimilable (P₂O₅), en sus valores medios es evaluado de bajos (2.59 mg/100g), disminuyendo con la profundidad del suelo. Los valores medios para el Potasio asimilable (K₂O), son muy bajos (< 15 mg/100g) en los horizontes analizados. Debido a que estos Subtipos de suelos por lo general están sujetos a posibles redeposiciones de nuevos materiales de arrastre fluvial, son en su mayoría medianamente humificados (3.96 %) en el horizonte A y poco humificado (2.15 %) en el resto de los horizontes.

ESQUELÉTICO; NATURAL (XXVIIIU)

La pendiente predominante es alomada (16.1-30.0 %) pero dentro de esta se encuentran suelos de pendiente extremadamente alomado (> 60 %) A causa de las fuertes pendientes que poseen estos suelos y ayudado por el drenaje superficial que es excesivo, la escorrentía de las aguas ha logrado arrastrar casi en su totalidad la escasa capa de

suelo que se ha logrado formar por los agentes del intemperismo, de ahí que se califique la erosión de estos suelos de muy fuerte.

II.1.10. Evolución geológica regional.

En la historia de la Tierra, desde su formación, se producen numerosos procesos geológicos que la han sometido a cambios vertiginosos o lentos, pero de manera ininterrumpida. El estudio geodinámico, que va desde los movimientos de ascensos y descensos hasta la acción de los agentes erosivos y los desplazamientos de las placas tectónicas, permite establecer puntos de interés para el conocimiento de las etapas evolutivas de cualquier territorio.

El estudio de la Geología de Cuba (Iturralde, 1988) es el reconocimiento y evaluación de sus “geografías” sucesivas de las que se considera la existencia de cuatro etapas en la evolución geológica del archipiélago cubano, en la cual se apoya el presente trabajo para dar algunas reseñas de la evolución del área estudiada. Las mismas son:

Etapa Paleozoica – Jurásica.

Etapa Jurásica – Cretácica.

Etapa Cretácica – Paleogénica (Eocénica).

Etapa Paleogénica – Holocénica.

Para dar las explicaciones al respecto se han utilizado en lo fundamental los criterios de Iturralde (1988), (1996) y Proenza (1998), sobre la base de un modelo de evolución geológica de acuerdo con los conceptos más modernos de la deriva continental.

Etapa Paleozoica – Jurásica.

Durante esta etapa, el Sector estudiado, al igual que toda Cuba, estaba comprendido dentro del supercontinente Pangaea, que comienza a fragmentarse en el Triásico, como consecuencia de la formación de una depresión estrecha y alargada que se extendió desde la posición del Mar Mediterráneo Europeo hacia la del Atlántico Norte, lo que provocó el movimiento al Sureste de las masas continentales que después constituirían América del Sur y África, y hacia el Norte de Norteamérica y la creación de un mar mediterráneo

euroamericano. Durante el Jurásico continua la tendencia general del movimiento y la evolución de la depresión, hasta formarse luego el Océano Atlántico Norte.

Aunque es difícil establecer la posición de un área tan pequeña dentro del vasto territorio de Pangaea, se reconoce su existencia ya que se ha localizado material detrítico fino procedente de la erosión de los macizos continentales, formando rocas sedimentarias en las montañas de Baracoa. Estos detritos parecen provenir de un sector de Pangaea nombrado Caribe por Rutten y Bucher (FIDE Iturralde,1988), situado al sur de Protocuba.

Etapa Jurásica – Cretácica.

La evolución geológica de Cuba en el Mesozoico estuvo asociada al desarrollo de sistemas de arco insulares y cuenca marginal, típicos de zonas de convergencia entre placas. Probablemente en esta etapa, ya el Mediterráneo Americano había alcanzado su ancho máximo y a la vez comenzó un proceso de compresión entre las partes de Pangaea que son hoy los continentes de América del Norte y América del Sur, estrechamente ligado a la formación del Océano Atlántico Sur. En esta época surgió un archipiélago de islas volcánicas durante el Cretácico cuyas evidencias quedan en la presencia de estas rocas en el Sector Baracoa del Parque Nacional Alejandro de Humboldt (Fm. Bucuey), con afloramientos de tobas, tufitas, en ocasiones intercaladas de calizas, areniscas y otras rocas sedimentarias. Esta litología se encuentra poco estudiada y se hace muy difícil debido a la gran alteración tectónica y al metamorfismo que presenta. Se supone que se produjeron erupciones por fisuras y volcanes y que pudo existir un vulcanismo submarino.

Etapa Cretácica – Paleogénica (Eocénica)

Constituye una de las etapas más dinámicas en la historia geológica de Cuba, debido a las diversas transformaciones ocurridas a causa de compresiones intensas que apilaron unas sobre otras las secuencias del margen continental, del mar marginal y las del archipiélago de islas volcánicas. Durante este periodo se consolidó el substrato plegado cubano.

A fines del Campaniano Superior – Maestrichtiano se extinguió el arco volcánico cretácico, iniciándose la compresión de sur a norte, originándose por proceso de acreción tectónica, el emplazamiento del complejo ofiolítico según un sistema de escamas de

sobrecorrimiento altamente dislocadas (Rodríguez A. 1998) Los movimientos de compresión hacia el norte culminaron con la probable colisión, que se hizo menos violenta debido al surgimiento a inicios del Paleógeno, de la depresión tectónica Cauto – Nipe, y la obducción, de las paleounidades tectónicas del Bloque Oriental Cubano sobre el borde pasivo de la plataforma de Bahamas, movimientos que según Iturralde (1996) y Proenza (1997), duraron hasta el Paleoceno Inferior.

Etapas Paleogénica – Holocénica.

En este periodo queda conformado (relativamente) de manera definitiva la forma del archipiélago cubano. Fueron frecuentes las transgresiones y regresiones del mar, predominando movimientos tectónicos verticales y horizontales; los primeros permiten la presencia de sedimentos de origen marino en posiciones que son ejemplo de la dinámica y el vigor de la tectónica. Por otro lado la intensa erosión de zonas elevadas fue nivelando el territorio y depositando los detritos hasta formar bancos de sedimentos de cobertura, extensos y profundos que se unieron cubriendo sectores extensos de la roca madre.

A partir del Eoceno Medio y hasta el Mioceno Medio, las fuerzas de compresión tangencial se reducen quedando sólo expresadas a través de fallas de deslizamiento por el rumbo, plegamientos y empujes locales, tomando importancia para la región los movimientos verticales que caracterizan y condicionan la morfotectónica regional, iniciándose a partir del Mioceno Medio el proceso de ascenso del actual territorio estudiado.

Al final del periodo Eoceno, el área de estudio se encuentra dentro del Archipiélago Oriental, después de haber sido fragmentado el territorio cubano en varios bloques divididos o limitados por las más importantes fallas desde el punto de vista de su formación actual; dicho archipiélago estaba comprendido entre un canal mediterráneo denominado Nipe – Guacanayabo, correspondiente con tierras emergidas y su plataforma insular, ubicada en lo que hoy es Cuba Oriental. Aquí se aprecia la presencia del relieve montañoso de lo que hoy es Sierra Cristal – Baracoa.

La tectónica reciente se caracterizan por movimientos verticales responsables de la formación del sistema de hores y gravens, pero se debe tener en cuenta la influencia que tienen sobre Cuba Oriental los desplazamientos horizontales que ocurren a través de la

Falla Oriente (Bartlett – Caimán) desde el Eoceno Superior, que limita la placa norteamericana con la placa del Caribe, generándose un campo de esfuerzos de empuje con componentes fundamentales en las direcciones norte y noreste, que a su vez provocan desplazamientos horizontales de reajuste en todo el Bloque Oriental Cubano.

II.1.11. Geología.

II.2. Características del medio biótico.

II.2.1. Flora

El comportamiento climático de la zona, así como las condiciones edáficas han hecho posible la existencia de una flora y vegetación únicas en el país, considerada la de mayor diversidad vegetal del Caribe Insular, y una de las regiones florísticas de más alto endemismo del planeta, posee una de las mayores densidades de plantas endémicas por hectárea hasta ahora conocidas en el mundo.

En el Parque Nacional Alejandro de Humboldt existen alrededor de 16 formaciones vegetales de las 28 definidas recientemente para Cuba, en el Sector estudiado están bien representadas, predominando las pluvisilvas montanas y submontanas, charrascales, pinares de *Pinus cubensis*, bosques siempre verdes, manglares y diferentes complejos de vegetación de costa arenosa, rocosa y de mogotes. Semejante diversidad de formaciones vegetales no existe en ninguna otra unidad del Centro Nacional de Áreas Protegidas.

La zona núcleo (Alto de Iberia), alberga los mayores valores naturales del Sector, constituye un centro clásico, el cual cuenta con decenas de endémicos locales y varios cientos de endémicos de mayor distribución. Entre los locales se pueden citar: *Drosera moaensis*, especie de planta insectívora de peculiares características, *Varronia iberica*, *Xylosma iberiense*, *Ossaea moaensis*, *Plinia baracoensis*, *Laplacea moaensis*, entre otros.

Los endémicos de mayor distribución que por su importancia se hace referencia a algunos de ellos son: *Euphorbia helenae* (Jazmín del Pinar), *Dracaena cubensis* (Dracena), *Bonnetia cubensis* (Manglillo), *Spathelia wrightii* (Bonita de Sierra), *Henrietella squamatum* (Roble Güira), *Plumeria clusioides* (Súcheli), *Neobraccia valenzuelana* (Teloncillo), *Calophyllum utile* (Ocuje Colorado), *Marcgravia evenia* (Bejuco Palmar) y *Bacopa monrrieri*.

Existen además, otros valores florísticos entre los que se señalan:

Amplios colchones de musgos (*Phagnum meridionale*)

Predominio de la especie endémica *Bonnetia cubensis* en las pluvisilvas, propia de esta región.

Es posible encontrar los paisajes vírgenes más notables de Cuba.

Una especie de planta primitiva que constituye un fósil viviente (*Psilotum nodum*), la que dio paso durante el proceso evolutivo a muchas de las plantas superiores actuales.

Se encuentran además las formaciones de manglar mejor conservadas del país, en las que aparecen cuatro especies representativas: *Rhizophora mangle* (Mangle Rojo), el más abundante, *Laguncularia racemosa* (Patabán), *Conocarpus erecta* (Yana) y *Avicennia germinans* (Mangle Prieto), este último en menor número.

Existe una amplia diversidad de helechos de las que según un listado preliminar, se registran alrededor de 100 especies diferentes, 14 de ellas endémicas cubanas.

Existen dos géneros de plantas insectívoras (representados por una especie cada uno), que son endémicas de la zona: *Drosera moaensis* y *Pinguícola lignícola*.

En sentido general, el Sector está representado por más de 200 especies vegetales ya registradas, y se considera la presencia de varios cientos más en fase de inventarización.

II.2.2. Fauna.

La fauna, como es lógico, tiene rasgos afines con la del resto del territorio nacional, que posee características intrínsecas muy notables, debido a su origen y evolución, así como a la propia naturaleza de la zona.

El rasgo más sobresaliente es la existencia de un número reducido de mamíferos, otro que la destaca es la presencia de fuertes procesos de radiación adaptativa, donde los grupos se diversifican extraordinariamente, existiendo muchas especies emparentadas que utilizan el mismo hábitat y recursos diferentes. Ejemplo de ello son los reptiles del género *Anolis*, ampliamente representados y con un alto índice de endemismo, de los cuales uno de los más conocidos es el chipoyo o “saltacocote”, *Anolis baracoae*.

También se destaca un extremo endemismo y diversificación de formas animales donde resaltan: el almiquí (*Solenodon cubanus*), fósil viviente del orden insectívora, cuyos antecesores datan de millones de años y que se encuentra amenazado en peligro crítico, el

alacrán de Nibujón (*Heteronebo nibujon*), endémico de la zona norte, en un área restringida de la provincia Holguín y el extremo oeste del municipio Baracoa; las polimitas, únicas en el mundo por sus coloridos, exclusivas de la parte oriental de Cuba; las ranitas, anfibios del género *Eleutherodactilus*, muy abundantes en el área, pero significativas por su reducido tamaño, de las cuales se destacan las endémicas locales: *Eleutherodactilus iberia*, considerada por algunos autores el tetrápodo más pequeño del mundo, su diminuto tamaño (9,8 mm), su singular colorido y sus valores genéticos hacen de esta especie un tesoro biológico de la fauna del Sector, de Cuba y del mundo. En este género también está presente *Eleutherodactilus tetajulia*, que debe su nombre a una montaña de Iberia.

Las aves, muestran especies como la más pequeña del planeta, el zunzuncito (*Mellisuga helenae*), con 55 mm de tamaño, además el tocororo (*Priotelus temnurus*), la cartacuba (*Todus multicolor*), pequeña avecilla endémica muy llamativa por sus colores y canto, así como el ruiseñor (*Myadestes elisabeth*), entre otros.

II.3. Características del medio antrópico.

II.3.1. Medio Ambiente.

Las características ambientales del territorio están condicionadas por las particularidades de su desarrollo histórico, económico y social y por la influencia negativa que estas han ejercido sobre sus condiciones naturales. Sus principales efectos negativos se manifiestan en una explotación irracional de los recursos naturales, en la degradación de determinados componentes naturales y en la incorrecta utilización espacial de la zona, fundamentalmente por el uso de las tierras y algunas instalaciones.

A los problemas ambientales existentes se unen situaciones originadas por la actividad económica, lo que se agrava por cierto grado de desconocimiento social en la utilización y cuidado de la naturaleza. Sin embargo, el estado del medio, no presenta una situación crítica, sino que es bastante aceptable, incluso no sería erróneo exponer que se encuentra en buen estado en relación con la media nacional y mundial.

La educación ambiental constituye una herramienta fundamental para sensibilizar a la población en la importancia que guarda la conservación de los recursos naturales y no ha estado ajena del trabajo que se lleva a cabo en el área.

II.3.2. Población.

En 1919, Nibujón contaba con una superficie de 359,14 km², 666 hab. y una densidad de 1,85 hab/km². En 1943, la población era de 1 968, con una densidad de 5,47 hab/km².

Con el triunfo de la Revolución se consolidan estos asentamientos al mejorar las condiciones de vida, como la construcción de la carretera Moa-Baracoa, comunidades rurales, escuelas, establecimientos de los servicios educacionales, en la salud, comercio, gastronomía, eléctrico, técnico, entre otros.

En la actualidad el comportamiento de la población en los asentamientos es el siguiente:

Asentamientos	Total	0 a 1	2 a 6	7 a 13	14 a 64	+ 65	Núcleos	Estud.
Nibujón	902	24	82	116	606	44	284	362
El Recreo	292	8	25	39	200	20	73	14
Santa María	606	21	76	65	407	37	178	60
Yamanigüey	1041	32	86	133	728	62	203	127
Total	2841	85	269	353	1941	163	738	563

II.3.3. Infraestructura social.

Después de 1959, fueron muchas las transformaciones ocurridas en la sociedad cubana y precisamente iniciaron en el sector educacional, con la Campaña de Alfabetización en 1961, los jóvenes fueron a los lugares más intrincados a enseñar a leer y a escribir.

Se construyeron 6 escuelas, entre ellas un internado de montaña, además se lleva a cabo la Educación Obrera y Campesina.

En la salud, también se han obtenido logros como la construcción de 3 consultorios del médico de la familia, con ello y gracias al esfuerzo realizado por el personal médico se redujo la mortalidad al 0,0 ‰ nacidos vivos, y la existencia de 2 farmacias permiten la elevación de las posibilidades de vida.

El comercio cuenta ya con 6 bodegas y una Oficoda, en los servicios con una barbería, una peluquería y un taller de enseres menores, la cultura cuenta con 3 salas de video y grupos aficionados de la música y bailes tradicionales.

II.3.4. Transporte y comunicaciones.

Estos han sufrido los embates del Período Especial, pero se mantienen funcionando 3 viajes de ómnibus semanales, en la mañana y otro en la tarde.

Las comunicaciones están representadas por el servicio de 3 unidades de correo.

El acceso al área se puede realizar a través de la carretera Moa-Baracoa, el terraplén Toa-Quiviján, caminos como es el caso de El Naranjo-Nibujón, La Melba (Moa)-Santa María, entre otros.

II.3.5. Agricultura, ganadería y silvicultura.

Actualmente, el sector campesino y cooperativo (no estatal) está representado por el 75% de las tierras agrícolas del Sector, en la producción de cacao, coco, café, frutales, miel y cera; y de manera fundamental los sectores silviculturales y las viandas; de esta forma, es considerado un importante factor en la producción de alimentos, empleo de la población y el fortalecimiento de asentamientos basados en la agricultura.

Entre las fincas estatales se destacan 2 UBPC, 1 CPA, 2 UBPF y 21 acogidas a la R/419.

La ganadería es de poca significación, sólo se desarrolla la cría de animales domésticos de forma individual.

Las actividades forestales en la región están desarrolladas en el 27,5 % del territorio, siendo el nivel de explotación prácticamente nulo.

Capítulo III. Características y evaluación de las áreas degradadas.

III.1. Descripción de las áreas.

En las áreas afectadas por la erosión en cárcavas, es de gran interés el estudio y conocimiento de aquellos factores que influyen de manera determinante en el desarrollo del proceso erosivo, con lo que será posible una mejor evaluación de la problemática, atendiendo a las condiciones reales existentes, así como la implementación de medidas que en verdad contribuyan a la estabilización y recuperación ambiental. En tal sentido, se exponen las características de las seis áreas definidas en los trabajos de campo, haciendo énfasis en los factores topográficos, de suelo, litología, vegetación y a la actividad socioeconómica si esta existe, así como el estado actual en que se encuentran las mismas.

El factor clima se comporta de manera semejante para todas las áreas y las variaciones son insignificantes en tiempo y cantidad, por tal razón se trabajó con los datos del territorio y que ya se expusieron en el capítulo anterior.

III.1.1. Área La Irán.

Se encuentra situada a 5 kilómetros al **SW** del poblado de Nibujón, en la cuenca del río del mismo nombre, hacia su tramo medio-superior. Las coordenadas entre las que se ubica son las siguientes:

X: 725 250 Y: 202 375 **X: 725 600 Y: 203 250**

X: 725 825 Y: 202 675 **X: 725 925 Y: 203 787**

X: 725 612 Y: 202 850 **X: 725 970 Y: 203 375**

En esta área el relieve es típico montañoso, correspondiente a la vertiente Este del río Nibujón y oeste del arroyo La Jaragua, con alturas máximas que superan los 200 m. s. n. m; las pendientes son fuertes, variando entre 14 y 30 % y la cuenca colectora está formada por un camino forestal abandonado que presenta numerosos desagües laterales, formados según la configuración del terreno.

Están presentes dos tipos de suelos, divididos en tres subtipos, entre ellos los pardos sin carbonatos típicos, originados unos sobre garbos y otros por arenas silíceas. Se caracterizan por una saturación media y un horizonte con potencia media a profunda, algo erosionado. Su textura es arcillosa, aunque varía en algunos sitios a semipedregosa. La cohesión de los mismos disminuye hacia los bordes de los senderos y transiciones de vegetación, y esta llega a su punto crítico con el aumento de la humedad.

Hacia el tramo medio del área degradada, la corteza superficial se corresponde con suelos ferralíticos rojos típicos, también de génesis correspondiente a garbos y de baja saturación. LA potencia del horizonte oscila entre 0.5 y 1.2 metros, con poca materia orgánica y afectado por la erosión laminar.

La litología en todo el área corresponde a garbos alterados, en ciertos lugares tendientes al metamorfismo, por lo que se presenta la roca viva poco cohesiva, facilitando la erosión hídrica.

La cubierta vegetal es buena, variando la misma desde bosques naturales semialterados a plantaciones forestales, con un horizonte herbáceo bien desarrollado en estas últimas. En sentido general, la vegetación juega un papel importante en este caso, lo que se aprecia en algunas cárcavas donde se ha controlado la erosión de manera natural gracias a los restos orgánicos y otros obstáculos como son las raíces de los árboles y las hierbas que comienzan a colonizar los taludes y fondo de las cárcavas.

III.1.2. Área Alto de Quijo.

Corresponde a un área alargada y estrecha, de unos 1500 metros de longitud, situada hacia el sureste de Bahía de Taco, coincidiendo con la antigua carretera Baracoa – Moa y áreas de influencia. Se ubica dentro de las coordenadas siguientes:

X: 726 300 Y: 207 000 X: 725 837 Y: 207 462

X: 726 800 Y: 207 250 X: 725 462 Y: 207 737

El relieve es un tanto alomado, con alturas máximas hasta 110 m.s.n.m y con cambios bruscos de pendientes, las cuales pueden variar desde 6 % y menos, hasta valores cercanos a 30 %. Estas pendientes máximas corresponden a las vertientes del arroyo

Manglarito y el río Nibujón, y son las zonas más afectadas por el acarcavamiento, aunque también en parches lineales restringidos.

LA litología predominante se corresponde con las rocas del complejo ofiolítico, donde se aprecian afloramientos de piroxenitas, peridotitas y harzburgitas serpentinizadas, afectadas por los procesos de intemperismo; también hacia la parte baja pueden aparecer algunas rocas vulcanógeno sedimentarias y carbonatadas muy aisladas.

Los suelos son autóctonos, condicionados por la geología y se corresponden con los del tipo ferrítico púrpura típico. También en menor medida, son apreciables algunos suelos pardos con carbonatos, típicos.

Los suelos ferrítico púrpuras, que tienen su origen en las rocas ultrabásicas, se presentan con una capa superficial endurecida y bien cohesionada, disminuyendo su resistencia rápidamente hacia abajo. Son poco profundos, con bajo contenido de materia orgánica y cierto grado de erosión laminar.

Para los suelos pardos, aunque distribuidos hacia las zonas más bajas, se debe tener en cuenta su poca cohesión y resistencia. Se caracterizan además, por su origen de rocas carbonatadas blandas y su saturación media a profundo y un contenido alto de humus, así como un grado de afectación erosiva catalogado de medio.

La vegetación es muy variada, encontrándose una buena cobertura herbácea en algunos sitios, pero en la mayor parte del área disminuye. Se encuentran bosques con cierta antropización, de poco a medianamente profundos, seminaturales; vegetación de arbustos bajos y plantaciones de cocoteros en buena extensión, con árboles frutales insertados en sus límites.

III.1.3. Área San Alejo.

Se ubica hacia el suroeste de Miramar, constituyendo el territorio sur-central entre las bahías de Taco y Jaragua. Su configuración asemeja un paralelogramo y ocupa un área aproximada de 750 000 m.² Las coordenadas dentro de las que se encuentra son:

X: 723 462 Y: 208 220 X: 723 738 Y: 208 362

X: 723 800 Y: 208 902 X: 722 910 Y: 208 987

X: 722 962 Y: 209 498

El relieve se caracteriza por ser de ondulado a alomado, con alturas máximas que sobrepasan los 120 m.s.n.m. y mínimas alrededor de los 20 m.s.n.m.; las pendientes promedios del área son de 14 %, comportándose con variaciones mínimas de 13 a 15 %.

La geología del área está determinada por la presencia de abundantes clastos calizos y pequeños afloramientos de calizas, además de abundantes sedimentos carbonatados, en forma de arcillas, conglomerados en menor cantidad y brechas donde el material cementante aparece en mayor proporción que los clastos calcáreos; en la superficie del terreno también se encuentran abundantes fragmentos rocosos, imponiendo cierta rocosidad al suelo, sobre todo hacia las zonas más bajas.

Los sitios con mayores pendientes y alturas, muestran afloramientos de rocas serpentinizadas, correspondientes al cinturón ofiolítico, aunque estos no constituyen la mayor abundancia litológica.

El suelo mejor representado se corresponde al tipo pardo con carbonatos típico, originado por rocas calcáreas suaves, poco cohesionadas. La saturación varía de media a alta a medida que se desciende en el terreno y la profundidad del horizonte es media. Su textura es arcillosa y se presenta con características de rocosidad media. También aparecen tramos elevados con afloramientos de suelo ferrítico púrpura, poco profundo.

La vegetación de la zona es escasa, abundando los pastos y arbustos. Hacia los sitios más elevados y laderas de la loma, aparecen bosques de pinos y otros con características de pluvisilvas. Está presente además, una plantación de cocoteros con ejemplares muy aislados y se realizan en el área algunas actividades de manejos al bosque.

III.1.4. Área Santa María-Jaragua.

Zona ubicada al noroeste del poblado de Santa María, ocupando las elevaciones adyacentes al asentamiento poblacional de Jaragua. Se encuentra entre las siguientes coordenadas:

X: 721 820 Y: 209 500 X: 722 237 Y: 209 850

X: 720 925 Y: 211 020 X: 720 531 Y: 211 050

X: 720 260 Y: 210 825 X: 720 575 Y: 209 535

X: 721 537 Y: 209 678

La topografía del área es montañosa, con elevaciones máximas de 208 m.s.n.m. y mínimas que no sobrepasan los 10 metros de altura. Las pendientes varían de abruptas a suaves, correspondiéndose con valores en el rango de 45 a 5 %, pero las predominantes son laderas de pendientes de 9 a 15 %.

La geología se corresponde con las rocas del complejo ofiolítico, predominando las rocas ígneas básicas serpentinizadas, que dieron origen a suelos ferralíticos rojos en baja proporción y ferríticos púrpuras con amplia representación, ambos típicos, los que se caracterizan por ser poco profundos y no saturados.

En cuanto a la vegetación del área de estudio se debe decir que se encuentra semialterada, pero con cambios bien definidos en relación con la cobertura vegetal primaria, que se encuentra en zonas aisladas; en cambio las plantaciones de pinos son las más comunes, y abarcan grandes extensiones, permitiendo el crecimiento de un estrato herbáceo vigoroso. Dentro de los bosques de pinos abundan los caminos forestales, algunos abandonados, y calveros donde no existe buena protección de la flora, contra los agentes erosivos.

III.1.5. Área Balcón de Iberia.

Es un área pequeña que no sobrepasa los 15 000 m², ubicada cerca del camino a la Meseta Iberia, cuya alteración se debe sobre todo a la gran pluviosidad y antiguos caminos mineros. Se encuentra entre las coordenadas siguientes:

X: 720 120 Y: 207 510 X: 720 175 Y: 207 610

X: 720 075 Y: 207 775 X: 720 030 Y: 207 535

Es una zona de relieve poco variable, ubicada en la ladera norte de la Meseta de Iberia, donde las pendientes alcanzan valores del 24 % como promedio, con variaciones mínimas en este parámetro.

La litología está en correspondencia con las rocas ígneas ultrabásicas del complejo ofiolítico, que dio origen a un suelo poco a medianamente profundo, de baja saturación y

con características físico-químicas que lo ubican entre los ferralíticos rojos típicos. Se aprecia claramente el sombrero de hierro o capa endurecida de costra, que le da cohesión al terreno.

La vegetación es natural, exuberante, con buena representación de todos los estratos, típica de pluvisilvas, donde las raíces no profundizan demasiado, sino que se mantienen en los primeros horizontes del terreno.

III.1.6. Área Yamanigüey.

Esta área degradada se encuentra hacia el noroeste del Sector Baracoa del Parque Nacional Alejandro de Humboldt, extendiéndose hasta sus límites, en territorio comprendido en el municipio de Moa, Holguín, localidad Yamanigüey. Se corresponde con una zona entre los ríos Yamanigüey y Cupey, ubicada hacia el interior de las siguientes coordenadas:

X: 716 750 Y: 213 570 X: 718 320 Y: 214 390

X: 717 100 Y: 216 350 X: 717 700 Y: 217 420

X: 716 500 Y: 216 700 X: 716 200 Y: 216 140

X: 715 125 Y: 215 350 X: 716 650 Y: 214 060

El relieve en la área es ondulado, con algunas lomas de cimas redondeadas. Las mayores alturas hacia el este no sobrepasan los 100 m.s.n.m., mientras que las elevaciones mínimas varían de 10 a 20 m.s.n.m. Las pendientes son suaves, encontrándose desde 4 hasta 13 %, y predominan valores cercanos al 10 %.

La litología en su totalidad está representada por las ultrabasitas del cinturón ofiolítico, con algún grado de serpentización, que ha generado un suelo ferralítico rojo parduzco ferromagnésico, típico.

El suelo del área se presenta con saturación media a baja, medianamente profundo y afectado por los agentes de la erosión hídrica. Su textura es arcillosa, mientras que la pedregosidad es un rasgo distintivo en él.

La vegetación varía desde los charrascales sobre serpentinitas, a bosques de pinos naturales y plantados en menor medida. En todos los casos se muestra alteración en estos complejos de plantas, como consecuencia de la actividad antrópica. Las principales afectaciones están dadas por la explotación de los charrascales para extraer combustible vegetal (leña) y las labores y movimientos de tierra para establecer el tendido eléctrico nacional.

III.2. Resultados de la evaluación de la erosión en cárcavas.

El estudio de las formas de las cárcavas proporciona conocimientos acerca de cómo se efectúa el proceso erosivo, lo que unido al conocimiento de las condiciones del medio circundante, facilitará la toma de decisiones para implementar un sistema de medidas adecuadas, que limite el surgimiento y desarrollo de las cárcavas y contribuya a economizar los recursos.

En las áreas estudiadas se pueden diferenciar claramente las cárcavas según su época de surgimiento, debido a sus características; así se comprobó que las mayores afectaciones no son debidas a la erosión histórica, que se muestra con bastante estabilidad, sino a aquellas de origen natural, a consecuencia de actividades antrópicas y que han ganado terreno hacia zonas naturales. Por tal razón, la evaluación del fenómeno erosivo se centra en estas últimas.

En algunos de los casos, la hierba no brindó la suficiente protección a la capa superficial del terreno y esta quedó expuesta a la degradación; en otros, como consecuencia de movimientos de tierra, de origen antrópicos, se rompió el equilibrio natural y las áreas desprotegidas se afectaron en breve tiempo, hasta alcanzar el grado superior del proceso erosivo.

También es importante resaltar, que la evaluación realizada considera además los pequeños surcos, que no son tomados en cuenta para la ingeniería u otras labores, pero que para las áreas protegidas constituyen una amenaza que debe ser erradicada, pues no permiten la regeneración del medio físico, a fin de alcanzar las condiciones más cercanas a las originales o al menos, que no sean agresivas al entorno y para los ecosistemas.

A continuación se refieren las observaciones para cada una de las áreas degradadas:

III.2.1. Área La Irán.

Hacia el área La Irán, se aprecia una intensificación de los fenómenos erosivos, a consecuencia de un camino forestal con sistemas de desagües inadecuados y que constituye el eje central de un sistema de cárcavas que afecta los bosques naturales.

Entre los principales fenómenos que favorecen el crecimiento de las cárcavas, se encuentran los corrimientos, sobre todo en los taludes, debido a la pendiente elevada y la poca cohesión de los suelos pardos, que unido a otros factores provoca la inestabilidad y el colapso del terreno; el socavado, resultante de la acción de la componente horizontal de las fuerzas erosivas de las corrientes de agua, sobre la parte inferior de las paredes de las cárcavas, se manifiesta en varios lugares y a la vez se combina con desprendimientos y deslizamientos posteriores. Estos últimos fenómenos se muestran tan violentos, que afectan en su conjunto a la vegetación, la cual ha perdido la estabilidad y se viene abajo hasta el fondo de las cárcavas, constituyendo barreras que hasta cierto punto pueden estabilizar de manera natural el proceso erosivo.

Aunque espacialmente el proceso se muestra conformando una red asimétrica de cárcavas, que tiene el camino forestal como eje central, ramificándose a su vez, las cárcavas que afectan los terrenos naturales se desarrollan de manera ondulada, lo que da una idea de que la cubierta vegetal defiende bien, no permitiendo que se amplíe la erosión y se formen nuevos cauces principales.

Las formas más usuales de las laderas o taludes de las cárcavas, tienen que ver mucho con las características del suelo, poco coherente y de perfil relativamente profundo, mostrándose, aunque escarpados, con líneas suaves, excepto en zonas donde los corrimientos son mayores y se pierde la simetría. Se debe tener cuidado a la hora del manejo, para evitar el posterior socavamiento y que se pierda la relativa estabilidad natural a que se va sometiendo el sistema de cárcavas.

Los perfiles transversales son profundos, variando de estrechos a mediana amplitud, en forma de U algo cerrada, aunque en ocasiones se interrumpen transicionando a un perfil de pendiente socavada, inclinados hacia un lado. En el primer caso se evidencia la concentración del flujo y de la fuerza erosiva en el cauce, mientras que el segundo muestra un accionar violento sobre una de las paredes de la cárcava.

En sentido amplio se puede definir como cárcavas profundas en su mayoría, con cabezas de cárcava típicas de zonas montañosas, cuyo fondo muestra la roca madre aflorando y con cierta degradación producto a la fuerza del torrente.

La erosión avanzó contra la pendiente hasta llegar al camino, que constituye un límite para su desarrollo. En el fondo de las cárcavas se reúnen piedras sueltas, restos vegetales y acumulaciones de sedimentos plásticos hacia las áreas con menos pendientes. También se pueden observar en menor cuantía, cabezas de cárcavas tipo U, algo estrechas, con pared frontal de pendiente abrupta y bastante profundas, a cuyo fondo se precipita el agua en forma de torrente, haciendo muy fácil el proceso de desprendimiento de las partículas del suelo.

Para la evaluación se realizaron los cálculos correspondientes con el fin de determinar la erosión relativa dentro del área degradada (ER), según la metodología I.S.A., obteniéndose un valor de 7.08, lo que la clasifica como una zona donde la erosión es muy alta; asimismo, según la clasificación de la FAO-PNUMA-UNESCO, da una pérdida de suelo (A) de valor 210.60, rango en que se valora el grado de erosión hídrica como muy alta, coincidiendo con el método anterior.

III.2.2. Área Alto de Quijo.

Se corresponde con el antiguo trazo de la carretera Baracoa-Moa, en cuya área de influencia se muestran importantes degradaciones, evidenciadas sobre todo por los procesos de la erosión hídrica y la pérdida de la cobertura vegetal. El fenómeno se manifiesta con abundantes surcos estrechos y profundos y algunos deslizamientos en los taludes, que dan inicio a la formación de las cárcavas.

El modelado de los perfiles longitudinales y transversales de los surcos ha sido lento, debido a la cohesión de los suelos y a que en la mayoría de los casos la erosión está frenada porque su acción es sobre la roca base, como resultado del poco espesor de la corteza superficial que ya fue removida y transportada.

Las formas de los surcos dan idea de que la erosión se ha concentrado sobre todo en la dirección vertical, profundizando los cauces hasta alcanzar rápidamente la roca madre, a partir de lo cual se inició un proceso de socavado que en ocasiones se combina con pequeños desprendimientos. Con el socavado son destruidas las paredes de los surcos y

cárcavas, sobre todo en aquellos sitios en que existe la capa superficial endurecida, característica de los suelos lateríticos, donde la resistencia en la vertical se hace mayor, actuando en esos casos la componente horizontal de las fuerzas erosivas contra los laterales del cauce.

La vista en planta de los surcos y cárcavas del área se presenta en general como cursos estrechos, de poco a medianamente profundos, semiondulados, aunque existen casos aislados en plantaciones de cocotero, donde se manifiestan como cárcavas estrechas, profundas y con desarrollo de meandros, debido al obstáculo que presenta el enraizamiento y a cambios bruscos en las propiedades del suelos.

Las formas de las laderas son variables y van desde taludes muy pendientes hasta aquellos más suaves, algo redondeados. Existe peligro de un avance lateral rápido de la erosión, que adquiere un carácter de erosión superficial profunda, aunque en muchos sitios la vegetación puede ser determinante y es posible que frene el proceso, a menos que desde abajo se desnude las raíces, rompiéndose la capa que estas forman y teniendo lugar los corrimientos laterales.

El perfil transversal se muestra en algunos casos limitado por las raíces de los árboles y arbustos, que dificultan el desarrollo de los procesos erosivos; también en mayor medida aparecen aquellos en forma de U estrecha, con paredes laterales de pendientes abruptas, surgidos debido al rápido desarrollo de las cárcavas y surcos; en las zonas donde se ha erosionado todo el suelo, aparece el fondo pedregoso y con clastos sueltos que cuando son pequeños contribuyen con golpes a la desagregación de las partículas, pero aquellos más grandes pueden representar barreras que pongan freno al proceso degradante.

Longitudinalmente en este área degradada, los surcos y cárcavas muestran fondos erosionados hasta la base rocosa, con clastos transportados desde las zonas más altas. Donde el fondo se encuentra en el perfil del suelo las características fundamentales son su desarrollo ondulado, correspondiente a un estado joven de la cárcava, y la presencia de sedimentos procedentes de corrimientos locales, que pueden influir en el desarrollo posterior de la erosión.

En la zona predominan las cabezas de cárcavas tipo V, cuya forma asemeja una quilla. La parte frontal del canal erosivo forma una arista aguda donde se concentra y actúa el

escurrimiento superficial, mientras que la caída del agua es abrupta, debido a la pendiente pronunciada; también para las cárcavas mayores son representativas las cabezas planas, que se caracterizan por ser anchas y poco profundas, donde no se desarrolló la costra superficial; en estas se muestran algunos deslizamientos producidos a consecuencia del socavado, arrastrando junto con el suelo, árboles, arbustos y hierbas, que influyen en el futuro régimen y estabilidad del proceso degradativo.

La erosión relativa en el área según las características de la misma y los cálculos realizados, es de 7.00, lo que corresponde a una clasificación de muy alta, y en relación con el valor cuantitativo de la pérdida de suelo, el resultado numérico es de 144.00, correspondiente a un grado de erosión hídrica definido como alto.

III.2.3. Área San Alejo.

En la zona de estudio se destaca un proceso erosivo intenso, con cárcavas profundas sobre suelo pardo poco cohesionado y pedregoso, así como los lateríticos, en todos los cuales se producen afectaciones severas al entorno, el cual sufrió alteraciones iniciales por la actividad antrópica, en relación con la construcción de caminos y laboreo agrícola en plantaciones de frutales y forestal.

Las fuerzas erosivas tanto en la componente vertical como horizontal, han actuado con vigor produciendo corrimientos, como consecuencia de las interrupciones en la estabilidad de las pendientes en los taludes; socavado y rompimiento de las laderas.

En varios sitios aparecen grietas cuya formación está aparejada al desarrollo de las cárcavas, que interrumpen la integridad de los bordes y lados del canal erosivo. Según sus características de crecimiento, se puede apreciar un avance rápido, combinado con los corrimientos que en algunos casos dan paso a cárcavas amplias y profundas; también se pone de manifiesto la acción de la erosión en forma de grietas o surcos sobre los taludes, que es una forma de ensanchamiento de los mismos hacia los laterales, donde el proceso erosivo es muy rápido.

El suelo de los taludes se muestra con rasgos de pérdidas frecuentes de la estabilidad y suelen existir corrimientos, con lo que se facilita la acción erosiva.

El sistema de cárcavas es del tipo ramificado, lo que demuestra el largo periodo de tiempo en la actuación y la fuerza de los procesos de erosión hídrica; son notables además los tramos de cárcavas anchos y profundos, también resultantes del largo proceso de actuación de los fenómenos erosivos y su gran intensidad, las cuales se encuentran por lo común hacia las partes rectas de cárcavas principales.

Los ensanchamientos varían en una misma cárcava y se pueden encontrar de tipo unilaterales y bilaterales. Estos últimos se deben tener en cuenta con especial interés porque están presentes en áreas donde la cohesión del suelo es menor y se combina el fenómeno con deslizamientos, lo que acarrea la intensificación de la erosión y el ensanchamiento circular.

Las laderas son verticales o casi verticales, comúnmente en el área se presentan con algunas manifestaciones de vegetación, aunque esta no ofrece protección al terreno. Las mismas aparecen inestables y en algunos sitios aparecen surcos pequeños que la atraviesan. El perfil transversal de las cárcavas se corresponde con los del tipo U cerrada, mostrando un perfil de suelo profundo.

En lo referente al perfil longitudinal, se aprecian ondulaciones a lo largo de este, pero en ningún caso alcanza la base rocosa. En el fondo aparecen clastos que varían de medianos a grandes, los que en ocasiones constituyen barreras donde se acumulan sedimentos hacia las zonas de menores pendientes. Son apreciables además, algunos aluviones procedentes de los pequeños surcos laterales.

Las cárcavas en esta área por lo general terminan en cabezas tipo U ancha, caracterizándose por ser muy profundas y con paredes acantiladas, casi verticales, a las que se asemejan también las partes centrales. En estos sitios se aprecian también numerosos desplomes con los que la cárcava se amplía rápido hacia los lados y hasta se puede ramificar.

Sobre los suelos rojos son comunes las cárcavas estrechas y de poca profundidad, con fondos erosionados desigualmente, presentando saltos y huecos como especies de marmitas. Las cabezas de las cárcavas son de tipo V, con erosión subsuperficial, la que va favoreciendo el crecimiento de los canales.

Los cálculos realizados dan un valor, según la ecuación para la pérdida de suelo, de 322.56 y una erosión relativa equivalente a 8.00, con lo que se clasifica la zona como de erosión muy alta.

III.2.4. Área Santa María-Jaragua.

Esta es un área de gran complejidad e importancia para su recuperación, debido a que en su mayor parte corresponde a plantaciones forestales, pero en la que las actividades antrópicas relacionadas con la silvicultura, han causado grandes daños como consecuencia, sobre todo, de caminos mal trazados que cortan pendientes abruptas.

La erosión se manifiesta intensamente en toda el área, variando en dimensión y forma en dependencia de las pendientes. Aunque los suelos son concrecionarios, de buena cohesión, los agentes erosivos han actuado sobre zonas desprotegidas o con protección muy pobre en cuanto al manto vegetal vivo.

La gran variedad de formas que han adoptado las cárcavas en su erosión remontante, hace que se tenga especial cuidado con aquellas que más afectaciones tengan hacia el ambiente, para el momento de establecer su manejo, sin dejar de lado las secundarias.

Los corrimientos en esta área no se muestran en gran magnitud ni escala, sino que actúan en pequeños sectores donde el suelo pierde la estabilidad; sin embargo, el desarrollo de las cárcavas mediante el socavado, es una modalidad frecuente, pues la componente horizontal de las fuerzas erosivas de las corrientes de agua, actúan con vigor sobre la parte inferior de las paredes de las cárcavas, socavando el suelo bajo la costra endurecida. Este fenómeno por lo general aparece acompañado de desprendimientos de la referida capa de costra, la que cae al fondo del canal y constituye en ocasiones un obstáculo para la erosión, debido a su resistencia, y cuando el volumen desprendido es considerable, puede resultar un dique natural, que influye en el futuro perfil longitudinal de la cárcava y en su estabilización.

Otro proceso que se pone de manifiesto en el área es la erosión piramidal a los lados de las cárcavas, como consecuencia del impacto directo de la lluvia, fenómeno que es local y sigue el perímetro de los obstáculos consistentes, lo que a su vez contribuye al ensanchamiento y formación de las cárcavas, a medida en que las pirámides se desintegran al perder la protección de la parte dura superficial.

El ataque de los bordes laterales de las cárcavas por las grietas en las laderas también es apreciable. Estas grietas aparecen como consecuencia de la erosión en los bordes debido sobre todo a la existencia de depresiones sobre las que las cárcavas funcionan como concentradoras del escurrimiento superficial; a pesar de lo anterior dichas grietas tienen corto tiempo de vida, ya que el perfil poco profundo del suelo permite una rápida estabilización, si no ocurre una incorporación rápida por corrimiento o erosión de la ladera, del sector ocupado por la o las grietas.

En cuanto a la vista superior, aparecen abundantes cárcavas directas que siguen la línea de la máxima pendiente, sobre todo hacia los terrenos muy abruptos, algunas de ellas se presentan con desgarramientos laterales, lo que puede ser indicador del surgimiento y desarrollo de otra cárcava y de la ramificación del cauce principal.

Los cortes en las laderas de las cárcavas del área muestran un perfil de suelo de medianamente profundo a profundo, con la capa superficial mal protegida por la vegetación, en ocasiones colgantes debido a la erosión subsuperficial. Los taludes son verticales a semiverticales y en algunos casos aislados tienen formas redondeadas.

El perfil transversal en las cárcavas aparece bastante amplio en las zonas más llanas o donde la potencia del suelo es muy poca, hasta el punto que se acerca al perfil del suelo destruido por la erosión superficial, pero predominan en el área aquellos que muestran una capa de costra bien desarrollada y que surgieron luego del rompimiento de la capa dura, de las que aparecen fragmentos en el fondo de las cárcavas, a lo largo de sus perfiles longitudinales, los cuales varían desde ondulados hasta los de erosión desigual, con pozos profundos socavados, que no han sido emparejados por el fenómeno de la erosión hídrica.

Las cabezas de cárcavas predominantes son las de tipo V, algunas con erosión subsuperficial, para las que las paredes laterales son verticales y hasta colgantes y donde actúa de manera intensa el escurrimiento superficial concentrado; además de las formadas por desplome, no muy anchas ni profundas, de fondo recto con pendiente que coincide con el terreno.

También aparecen cabezas de cárcavas poco acentuadas que transicionan el barranco imperceptiblemente hacia una depresión del terreno, donde la erosión no se manifiesta de

forma visible. En estos sitios, por lo general la vegetación es escasa y la poca hierba no protege con eficacia la pendiente.

Otra forma en que terminan las cárcavas es en una especie de cabeza de pozo circular que alcanza la roca madre; son típicas de surcos pequeños, pero que su fondo llega a la roca madre.

La erosión relativa en el área alcanza un valor numérico de 6.76, lo que la clasifica de muy alta y la pérdida de suelo es de 168.48, por lo que el grado de la erosión hídrica se considera alto.

III.2.5. Área Balcón de Iberia.

La erosión en el área se muestra a lo largo de caminos estrechos y bajo el arbolado en zonas de concentración del escurrimiento superficial. La misma se desarrolla formando surcos sobre suelo ferrítico, poco potente, pero bien cohesionado y con defensa de la cobertura vegetal.

Entre los procesos que inciden en el desarrollo de las cárcavas se encuentran los corrimientos pequeños, sobre todo hacia los tramos finales (cabezas), pero el que más peso tiene es el socavado, en combinación con la erosión subsuperficial, que actúa en el subsuelo suelto, hasta lograr el colapso de la costra endurecida y dejando paredes de pendientes pronunciadas.

En el plano las cárcavas se desarrollan de manera ondulada y desaparecen bruscamente hacia lo espeso de la vegetación, donde el primer horizonte de suelo es rico en materia orgánica y que además permite la infiltración del agua; también son apreciables tramos rectos en que las cárcavas son estrechas y de profundidad baja a media, donde el proceso erosivo se ha desarrollado a gran velocidad debido a la pendiente brusca.

Las formas más comunes de las laderas muestran taludes inclinados, casi verticales, pero pequeños, bien defendidos en sus bordes por la cubierta de hierbas y el arbolado, muchos de los cuales ni siquiera sobrepasan en profundidad el sombrero de hierro, típico de las lateritas.

El perfil transversal permite observar claramente la capa superficial endurecida y un suelo de baja potencia en los cortes más profundos. Estos perfiles surgen en el área después del rompimiento de la costra, la que antes se mantiene formando bordes sobresalientes, semiredondeados, hasta que colapsan hacia el fondo. Asimismo, los perfiles longitudinales característicos, muestran un suelo erosionado de manera desigual, con pozos profundos socavados, zonas más elevadas donde la compacidad del terreno es mayor, y evidencias de una erosión subsuperficial de importancia. En los fondos aparecen obstáculos formados por restos vegetales y plantas herbáceas vivas, que constituyen diques y frenan la erosión.

Las cárcavas finalizan en cabezas de diferentes configuraciones, pero sobresalen las de tipo V con erosión subsuperficial, de paredes acantiladas, verticales hasta colgantes, donde se continua el proceso de socavado por debajo de la superficie; También se encuentran bien representadas las cabezas de cárcavas de zona montañosa, donde la erosión ha alcanzado la roca viva, pero que hacia los tramos más bajos, las cárcavas no necesariamente corren por las rocas, sino que no se ha erosionado todo el perfil, lo que evidencia diferencias en las profundidades del suelo o en la defensa del mismo, ya sea por cohesión o debido a la cobertura vegetal.

En relación con la evaluación cuantitativa del fenómeno erosivo, en el área se comprobó que el indicador pérdida de suelo es 345.6 y la erosión relativa tiene valor correspondiente a 9.48, los cuales coinciden para un área donde la erosión es extremadamente alta; a pesar de lo anterior, se debe tener en cuenta que en este caso, los valores dan cifras elevadas, sobre todo debido a las altas pendientes, pero que la cobertura vegetal favorece en gran medida la conservación de los suelos.

II.2.6. Área Yamanigüey.

En el área de yamanigüey, los fenómenos erosivos se intensificaron fundamentalmente por la acción antrópica durante el tendido de la Red Eléctrica Nacional, para lo cual se construyeron gran número de trochas y se realizaron movimientos de terrenos. El desarrollo de la erosión en cárcavas fue violento, hasta tal punto que la vegetación predominante, a pesar de ser buena protectora del terreno, se vio afectada y en la actualidad se aprecian surcos y cárcavas que la atraviesan a pesar del gran obstáculo que representan. En los bordes de caminos y trochas también el grado superior de la erosión

hace estragos, desagregando y arrastrando volúmenes considerables de material térreo que va a parar a los cauces fluviales o se depositan en zonas de escasa pendiente.

Entre las modalidades de ensanchamiento de las cárcavas, tienen mayor peso los corrimientos, sobre todo en los taludes y lados de los terraplenes, y hacen muy difícil la regeneración natural en esas áreas. Hacia las cárcavas que atraviesan la vegetación natural, existe la presencia de erosión subsuperficial, aunque en tramos pequeños y se manifiesta como un fenómeno erosivo que lucha contra el obstáculo que representan las raíces, socavando el suelo debajo de estos y favoreciendo el desarrollo de las cárcavas.

Las pirámides en los bordes de las cárcavas, en áreas desprotegidas, transicionan rápidamente a surcos, los que rompen la continuidad de las laderas e inciden en la posterior ramificación de las cárcavas.

En el plano son observable diferentes formas de cárcavas, que hacen compleja el área desde el punto de vista de la erosión, entre ellas las desarrolladas onduladamente a lo largo del eje del valle, coincidiendo en lo fundamental con aquellas que cortan la vegetación; cárcavas ramificadas en forma de árbol, con las principales ramificaciones hacia la cabezada; otras con meandros que evidencian cambios en la propiedad del suelo o de la fuerza erosiva; también aparecen cárcavas estrechas y profundas; las de tramos rectos; las de ensanchamientos a uno u otro lado o a ambos y las cárcavas con surcos laterales de poca profundidad, combinadas con algunos deslizamientos de los taludes.

Las laderas muestran pendientes verticales a semiverticales en su mayoría, donde el suelo es profundo y algo cohesionado por la pedregosidad, pero también aparecen laderas con formas variables, a menudo redondeadas, que evidencian cierto peligro de avance lateral de la erosión, lo que se da sobre todo en suelos poco profundos con la capa superficial endurecida y con piedras sueltas en su estructura, donde existió un fuerte proceso de erosión histórica.

Abundan en las cárcavas los perfiles transversales de amplitud media y profundos, en forma de U, sobre todo hacia los tramos rectos de las cárcavas, con abundantes clastos pétreos, pero donde no se ha alcanzado la roca madre. En los suelos de poca potencia, los perfiles transversales muestran piedras sueltas que provienen del basamento y aunque son relativamente anchos los barrancos, la componente horizontal de las fuerzas erosivas

actúa con bastante intensidad y disminuye la acción de la componente vertical, dificultada por la dureza de la roca en el fondo.

A lo largo de los perfiles longitudinales estos se muestran en general ondulados, con abundantes fragmentos rocosos en el fondo y en ocasiones interrumpidos por los sedimentos procedentes de algún deslizamiento. En las cárcavas donde el perfil del suelo es poco profundo, se aprecia la roca madre y algunos fragmentos de esta o de la costra endurecida de los suelos lateríticos.

Aparecen en menor medida las cabezas de cárcavas tipo V, pero en las zonas menos protegidas abundan aquellas en forma de U estrecha, de profundidad media, aunque a veces tienen continuidad y van perdiendo en cuanto a lo profundo del lecho.

En terrenos altos, pero de poca pendiente, se destaca el surgimiento de cárcavas, las cuales muestran cabezas de tipo U anchas, que en ocasiones se unen por desprendimientos, ampliando el barranco y con la posibilidad de formarse cárcavas de dimensiones considerables. Estas cabezas de cárcavas, muestran paredes bastante acantiladas y hasta colgantes, en forma de balcones. En su frente son amplias, también con paredes verticales y los bordes se muestran rectos aunque a veces se interrumpen por pequeños surcos que indican el crecimiento posterior del acarcavamiento.

La erosión relativa en el área es de 5.88 y el indicador pérdida de suelo 56.00; ambos valores responden a una calificación para la erosión de alta.

Tabla # 1. Evaluación de la erosión en las áreas degradadas.

Área degradada.	Perdida de suelo (A)	Grado de erosión hídrica.	Erosión relativa según I.S.A.	Calificación relativa de la erosión.
La Irán	210.60	Muy Alta	7.08	Muy Alta
Alto de Quijo	144.00	Alta	7.00	Muy Alta
San Alejo	322.56	Muy Alta	8.00	Muy Alta
Sta. María-Jaragua	168.48	Alta	6.76	Muy Alta
Balcón de Iberia	345.60	Muy Alta	9.48	Extremadamente alta
Yamanigüey	56.00	Alta	5.88	Alta

Capítulo IV. Plan de manejo ambiental.

En las áreas protegidas, los Planes de Manejo tienen la función de definir el conjunto de acciones y medidas necesarias para lograr los objetivos propuestos, encaminados sobre todo a la restauración, conservación y mejora de los valores naturales; por tal motivo deben ser realmente oportunos y factibles de implementar, articulados con la disponibilidad de recursos existentes. Asimismo, las propuestas y enfoques deben expresarse con claridad a fin de evitar errores, por lo que en el presente trabajo se da primeramente una explicación de las medidas a aplicarse en las áreas, las cuales aparecen a continuación:

IV.1. Análisis de las medidas a implementar.

La causa fundamental del fenómeno de la erosión en cárcavas, es el escurrimiento superficial concentrado, por lo que las medidas de conservación para manejar las áreas degradadas deben encaminarse a evitarlo, lo que puede ser posible mediante la retención e infiltración del agua, la dispersión del escurrimiento superficial y su transferencia hacia lechos resistentes a la erosión.

Para lograr lo anterior y conseguir la estabilidad de las áreas degradadas por la acción erosiva en cárcavas, se pueden utilizar diversas vías como son:

- Construcción de obras de ingeniería.
- Vegetación natural que se propaga y establece fácilmente.
- Material disponible en la localidad, cuya instalación es manual.

La estabilidad de los terrenos en los que se ha aplicado sistemas de tratamiento de la vegetación y el suelo, suele ser más duradera que las obras de ingeniería y no necesitan costos adicionales de tratamiento una vez implantados; además, pueden incorporar valores estéticos al paisaje o por lo menos no perturbarlo, lo que es de suma importancia para un área natural protegida. El costo de inversión de este sistema es menor que el costo de construcción de las obras de ingeniería, por tal motivo en el trabajo se aplican métodos que faciliten una buena recuperación de las áreas con el

mínimo costo, utilizando materiales locales, y no se hace énfasis en las obras ingenieriles.

A continuación se exponen y caracterizan las medidas que luego de un análisis detallado de un conjunto de ellas, son consideradas efectivas para la recuperación de las áreas degradadas por la erosión en cárcavas, en el Sector Este del Parque Nacional Alejandro de Humboldt.

Construcción de colchones de ramas: Es un método de protección superficial en el que se utilizan ramas colocadas en el terreno suficientemente próximas como para establecer una cubierta completa.

Lo primero que se hace es introducir en el suelo estacas de madera muerta con ganchos (garabatos), a una profundidad de unos 20 cm y distancia de 60-80 cm; seguidamente se colocan ramas vivas o muertas en el suelo, lo suficientemente próximas como para cubrir el terreno completamente. El colchón de ramas se sujeta luego al terreno con ramas cruzadas o empalizadas trenzadas en hileras y en última instancia con alambres, aunque este último no se recomienda debido a que puede causar impactos negativos en los ecosistemas. Un método que puede ser sencillo y económico, es la utilización de lianas para el anclaje, las que se atan a las estacas y luego estas se hincan a mayor profundidad, de tal modo que el colchón de ramas quede fuertemente presionado contra el terreno, al aumentar la tensión de las cuerdas o lianas.

Materiales a emplear: Deben emplearse ramas largas y rectas de por lo menos 150 cm de longitud. En dependencia del grueso y del número de ramas laterales, se necesitarán de 20-50 ramas por metro de recorrido, siempre que la longitud de dicha rama sea igual al ancho de la cárcava. El peso por m² de ramas lisas será por lo menos de 5 Kg, y si son ramas con abundantes ramillas, de 5'10 Kg. También se pueden usar hojas de las palmas, que son muy efectivas para este colchón, el cual será empleado para reducir la acción de las gotas de lluvia sobre el terreno desnudo y la velocidad de las aguas de escorrentía.

Eficacia ecológica y técnica: Proporcionan una cubierta inmediata y ofrecen buena cubierta erosiva, además favorecen el crecimiento de la vegetación y no resultan agresivos al medio natural.

Método de Schiechteln: Consiste en la colocación de pajas en el terreno, formando una capa continua, en dependencia de las condiciones del lugar y de los objetivos de recubrimiento se produce una mezcla específica de semillas y se extiende sobre la capa de recubrimiento, conjuntamente con fertilizantes orgánicos; también se pueden incorporar productos aditivos para estabilizar el suelo y favorecer el desarrollo de la vegetación.

Lo primero que se hace es introducir en el terreno estacas de madera muerta o viva con ganchos (garabatos), a una profundidad de 20-30 cm en la parte inferior de la pendiente y a una distancia de 50-75 cm. Seguido se conforman filas de estacas, las que deben de estar separadas 2 m como mínimo. Luego se coloca la paja en el suelo de forma tal que establezca una cubierta completa.

La cubierta de paja se sujeta al terreno utilizando para ello ramas cruzadas o lianas, y como en el caso anterior, se puede utilizar alambre aunque no es lo más recomendable. El método que se propone es su anclaje con ramas, las que se colocan paralelas a la línea de máxima pendiente y se atan a estacas que se hincarán más profundo, de modo que la capa de paja quede fuertemente presionada contra el terreno.

Materiales a emplear: Deben emplearse ramas largas y derechas, cuya longitud irá en dependencia de la distancia entre las estacas lineales, para presionar la capa de paja contra el terreno. Se utilizan también estacas de madera de longitud entre 50-60 cm y como paja se proponen especies de gramíneas locales como Caña Brava o Faragua u otras plantas como es el caso de la dracena, las que deben ser colocadas en dos capas superpuestas. También en esta medida se puede experimentar con las hojas de palmas, las que tienen la posibilidad de arrojar buenos resultados, por ser de fácil manejo y abundar en la región.

Eficacia ecológica y técnica: Con la aplicación de este método se proporciona al terreno una cubierta inmediata y total, la que lo protege de los efectos destructores de

las gotas de lluvia, incrementa los niveles de infiltración y con ello reduce la cantidad de agua de escorrentía, lo que se traduce en una reducción de la erosión y por tanto, disminución del arrastre del suelo.

Sistema de estructuras transversales: Se elevan sobre la corriente fluvial y su fin es desviar la corriente de la orilla y retener los sedimentos acarreados. De este principio funcional parte también el método con el que se proyecta su colocación y que es como sigue:

- a) Se prolonga la dirección de una línea de corriente desde un tramo recto de la cárcava, hasta interceptar un segmento exterior del pie del talud, con lo que se fija el punto 1, del que parte la construcción de la estructura transversal **A**.
- b) Por el borde exterior de **A** se traza una paralela (**b**) al sentido de la línea de corriente del tramo recto. Su intersección con el segmento del pie del talud determina el punto 2. El dique **B** partirá del punto 3, con lo que la distancia 1-3 será igual al doble de la distancia 1.2.
- c) Por los puntos extremos de las estructuras **A** y **B** se traza la recta **c**, la que corta los segmentos del pie del talud en el punto 4, en el cual se debe proyectar la estructura transversal **C**.
- d) Se continúa de modo análogo y se determina si la línea que une los puntos extremos de las estructuras **B** y **C**, corta un segmento del pie del talud; si esto ocurre, se coloca una estructura transversal adicional a partir de la intersección.
- e) El sistema de estructuras transversales se complementa con una estructura adicional **E**, ubicada contra la corriente, desde el punto 1 y a una distancia igual a la longitud 1-3.

Materiales a emplear: Para construir las estructuras transversales, se pueden utilizar materiales locales como fragmentos grandes de rocas, ramas gruesas y combinaciones de restos vegetales, madera y material clástico, los cuales se colocarán de manera que no puedan ser arrancados o arrastrados por la fuerza de la escorrentía.

Eficacia ecológica y técnica: Estas construcciones son efectivas para proteger el pie de los taludes y contribuyen a reducir el material arrastrado por la corriente, el cual se sedimenta en sus frentes; de esta manera se evita la posible contaminación de las aguas en el cauce donde vierte la cárcava, y facilita la regeneración natural en las áreas que ocupa esta forma de erosión hídrica.

Represas transversales: Son construcciones muy económicas desde el punto de vista de su efectividad, facilidad de realización y materiales a emplear, por tal razón son ampliamente utilizados en las áreas forestales, donde las pendientes son grandes y la fuerza erosiva considerable.

Mediante su implementación se disminuye la velocidad del agua, con lo que se protegen los márgenes, el fondo y las cabezas de las cárcavas, ya que constituyen verdadero freno a la corriente fluvial y facilitan además la sedimentación e infiltración.

Existen diferentes tipos de represas transversales, pero para la conservación de las riquezas naturales con el mínimo de afectaciones al paisaje, son de gran utilidad las siguientes:

Represas de ramas: Se emplean fundamentalmente para la estabilización del fondo de cárcavas llanas y se distribuyen de través, insertándose bastante profundas en los laterales. Su fin consiste, sobre todo, en disminuir la velocidad del agua en la cabeza, así como la fuerza de transporte y en la retención del material del arrastre. Después de cierto tiempo se llenarán completamente, sirviendo como soportes transversales que estabilizan el fondo.

En las zonas de estudio, serán empleados dos métodos fundamentales de los varios que existen en este grupo:

- Tabique sencillo: Formado por una fila de estacas entrelazadas de ramas. La altura del tabique suele ser de 30-70 cm, las estacas se clavan a una profundidad de 50-70 cm. Para el entrelazado se utilizan las ramas flexibles de árboles y arbustos que serán obtenidos de raleos u otros tratamientos silviculturales en áreas cercanas.

- Represa combinada: Formada por dos tabiques simples contruidos en forma paralela. El espacio entre las filas de estacas se rellena con ramas, también se puede utilizar piedras sueltas. La construcción se hace más resistente por medio de una tercera fila de estacas colocada entre las dos anteriores. Las cabezas de las estacas se atan entre sí con lianas.

El tabique sencillo se empleará en la parte superior de las cárcavas, con el objetivo de detener las partículas grandes que se trasladan conjuntamente con las aguas de escorrentías, los mismos deben construirse separados a una distancia de 8-10 metros, hasta llegar a la mitad de la zanja. Luego se construyen las represas combinadas con la finalidad de reducir la cantidad de partículas finas que continuaron su paso a través de los tabiques anteriores.

Represas de piedras: Consisten en la ejecución de una especie de diques de piedras no consolidadas, las que preferiblemente deben ser grandes y resistentes a la desintegración, el cual hará el efecto de filtro y en su frente se acumularán los sedimentos. Los espacios grandes que queden entre las piedras, se rellenan con un material más suelto, preferiblemente gravas.

Represas de troncos: En este caso se debe destacar que un método eficaz será la utilización de troncos vivos, que sirvan de estacas, contribuyendo al aumento de la resistencia de la represa. Los mismos deben estar enterrados a unos 50 cm de profundidad y su altura no necesariamente alcanzará los bordes de las cárcavas. Se debe reforzar la base utilizando fragmentos de rocas grandes y ramas gruesas horizontales, fijadas a ambos lados de la cárcava. Estas represas con el paso del tiempo aumentan su resistencia y si las estacas son de especies que pueden germinar con facilidad, se desarrollarán por selección natural y hasta pueden lograr la estabilización total del proceso erosivo.

También las represas se pueden construir con troncos y ramas gruesas de árboles que no están destinados a su germinación, las que se colocarán al igual que la anterior, lo que es más factible, de manera horizontal, con sus extremos fijados al terreno firme, a ambos lados de la cárcava.

Se debe destacar que la implantación errónea de estas represas, pueden dar lugar a una fuerte erosión en la zona de caída del agua, al ser rebasados los obstáculos, por tal razón, las partes posteriores de las mismas deben estar cubiertos de piedras, ramas u otros materiales biodegradables.

Una buena utilización de esta medida conlleva a la contención del suelo, formando bancos de sedimentos que hacen la función de terrazas, donde la velocidad de la escorrentía es menor.

Materiales a emplear: Se utilizarán ramas fuertes para las estacas; ramas flexibles de árboles y arbustos, las que serán entrelazadas entre las estacas para la conformación del tabique, además, se puede emplear piedras, bagazo, aserrín, etc. En la construcción de las represas de piedras, estas deben ser lo suficientemente grandes, bastando por lo general que la mitad tenga un diámetro mayor de 30 cm, pero será más factible si la mayoría sobrepasa los 50 Kg.

Para las represas de troncos, estos deben ser gruesos, tomados en las cercanías de las cárcavas y en caso de estacas vivas se emplearán especies afines con el medio natural. En nuestro caso pueden ser las siguientes:

- Chrysobalanus icaco. (Icaco)
- Gliricidia sepium (Piñón Florido)
- Dracaena cubensis (dracena)
- Plumeria S.P. (Súcheli)
- Ficus S.P.(Jagueyes)

En todos los casos, las represas transversales aumentan su efectividad, si se coloca un sistema de ellas, separadas de 7-10 metros una de otra. En tal caso, los que estén situados en la cabecera de la cárcava o en las mayores pendientes, deben ser las más resistentes.

Eficacia ecológica y técnica: Las represas son efectivas para la protección del talud y el fondo de las cárcavas, favorecen la sedimentación y con ella la regeneración de la cobertura vegetal, posibilitando menor agresividad al paisaje, además de constituirse en

verdaderos filtros fluviales. Su instalación en las cárcavas sirve para reducir el material arrastrado por las aguas, contribuyendo a la reducción de la cantidad de partículas que pueden llegar a los cuerpos de aguas superficiales a los que se dirigen y con ello influyen en el mantenimiento de la calidad de dichos cuerpos hídricos.

Tecnologías de revegetación: La importancia de la vegetación como medida contra los procesos erosivos es innegable y se pueden mencionar muchas observaciones representativas que documentan la eficacia de una buena cobertura en la defensa del suelo; para establecer estas medidas protectoras, es necesario definir en qué área se realizará y las características de la misma, así como las especies a desarrollar. En fin, que es posible dividir esta tecnología en dos grupos: Repoblación forestal y empleo de cobertura herbácea.

Repoblación forestal: Se debe realizar utilizando especies de la población local, sobre todo aquellas con especial interés económico o ecológico para su conservación. Así, este caso es útil sobre todo para territorios en que las pendientes son grandes y se debe combinar con el mejoramiento de los bosques si estos existen, desarrollándose en toda la extensión del área degradada, en forma de fajas protectoras lineales o de plantaciones forestales comunes. El efecto protección aumenta sustancialmente, si la siembra de los árboles alrededor de las cárcavas se hace más densa por medio de hileras de arbustos con un sistema de raíces bien desarrollado.

Para la plantación de árboles y arbustos se preparan terrazas individuales sobre las pendientes, para cada ejemplar; las mismas tienen aproximadamente 1.5 metros de ancho y su superficie puede ser horizontal o inclinada en contra de la pendiente, con valores entre 5-10 grados, a fin de contener mejor el agua.

Cobertura herbácea: Es una medida muy simple, pero para alcanzar buena protección, es necesario aplicarla en combinación con potras como es el caso de las barreras, represas y colchones de ramas.

La siembra de las semillas de la hierba se lleva a cabo en la capa de humus del terreno y también la medida se puede implementar obteniendo los ejemplares con la técnica de moteo.

En las pendientes muy abruptas o demasiado largas, se pueden proteger las plantas y semillas, formando terrazas de materia vegetal sujetas con estacas y lianas, y se debe tener en cuenta que el éxito de la siembra depende del mantenimiento posterior de la cobertura, hasta que esta se desarrolle, alcanzando densidad y continuidad, por lo que es conveniente realizarla en épocas del año adecuada, de modo tal que la hierba joven tenga condiciones favorables para su desarrollo.

En las áreas degradadas del Sector, son factibles para implementar la medida, los siguientes ejemplares:

- Faragua.
- Pata de Gallina (*Digitaria sanguinalis*)
- Pitilla Americana (*Andropogon annatus*)
- Camagüeyana (*Andropogon pertusus*)
- Alpastillo (*Panicum adpersum*).
- Sacasebo (*Paspalum nostatum*)
- Alambrillo (*Sporobolus indicus*), entre otros...

Eficacia ecológica: Ecológicamente, las tecnologías de revegetación son las más adecuadas, ya que favorecen el desarrollo del suelo, su protección contra el impacto de la lluvia y la cohesión del mismo. Además, contribuye a la distribución del agua en la superficie del terreno, la infiltración y con ello se disminuye en accionar de la erosión; por otro lado mejora el paisaje y los ecosistemas, alcanzándose ventajas sustanciales en la recuperación de las áreas degradadas como un todo.

Canales derivadores: Constituyen una de las prácticas más comunes y fundamentales en la conservación de los suelos. Serán construidos en la parte del terreno que se encuentra con vegetación o dirigidos hacia ella, con el objetivo de recolectar las aguas de escorrentías existentes y dirigirlas a un cauce seguro, fuera del lugar donde se están realizando. Estos canales pueden tener distintas formas en la sección transversal como es trapezoidal, parabólico, triangulares o en V. La sección parabólica es la que más se

aproxima al cauce natural. Bajo condiciones normales, la acción del flujo, la erosión y la sedimentación en los cauces de la sección triangular y trapezoidal tienden a darle una sección parabólica en el transcurso del tiempo.

Toda vez que la acumulación de sedimentos es un problema en este tipo de cauce, la velocidad de diseño para el trazado debe mantenerse tan alta como la protección del canal lo permita. Los sedimentos depositados en el cauce deben sacarse cada vez que sea necesario, para que él mismo conserve toda su capacidad.

Eficiencia ecológica y técnica: La construcción de los canales de derivación trae consigo una reducción en la cantidad de agua que penetra en la cárcava y con ello, se minimizan los efectos erosivos producidos por dichas aguas.

IV.2. Plan de Manejo Ambiental.

Un manejo adecuado en las áreas degradadas por la erosión en cárcavas, es de gran importancia para la recuperación de las mismas, por tal medida se debe tener en cuenta que aunque se dispone de un conjunto de medidas analizadas para su implementación, es necesario aplicar estas a partir de las condiciones imperantes a nivel local, tanto desde el punto de vista de las condiciones de la vegetación y el clima, como de los tipos de suelos existentes, desarrollo de la erosión y la micro topografía, todo lo cual debe estar bien analizado a la hora de poner en práctica el Plan de Manejo.

Esta etapa se corresponde con la fase programática de los Planes de Manejo para un área protegida, que a su vez es la última y plantea qué hacer en cada área, lo que constituye el punto más importante del documento, pues de aquí dependen los resultados finales, además de constituir una guía adecuada para orientar las acciones a realizar.

A continuación se exponen las medidas de restauración a desarrollarse en cada área degradada del Sector Este del Parque Nacional Alejandro de Humboldt y se aclara que en las mismas se pueden adoptar otras metodologías y la combinación de ellas, en la medida en que se encamine el proceso de recuperación y se gane experiencias, para de esta manera enriquecer el trabajo actual.

Área La Irán.

Primeramente se establecerán colchones de ramas transversales a todo el camino que sirve de eje central al sistema de cárcavas, los cuales retendrán el material arrastrado de las zonas más altas, evitando la profundización del lecho; de esta manera también se logra una disminución de la fuerza erosiva en las cabezas de las cárcavas. Los mismos se distribuirán lo más próximos posible unos de otros, utilizando en su construcción ramas con hojas.

También es necesario el aprovechamiento de la vegetación natural, que producto a los deslizamientos ha ido a parar hacia los fondos de las cárcavas; estas condiciones naturales se reforzarán con represas de troncos vivos, utilizando estacas de plantas del género Ficus, que por las condiciones ambientales tendrán buen desarrollo en la región. Dichas represas se deben construir asegurando bien las estacas al fondo y los laterales de las cárcavas, dejando pequeños espacios entre ellas para el paso del agua, pero lo suficientemente pequeños para retener el material fino transportado. El monitoreo a estas estructuras debe ser periódico, no sólo para su reparación, sino con el objetivo de ir definiendo a medida que avanza el tiempo, las estacas más robustas, para facilitar su posterior crecimiento.

En las zonas de mayores pendientes de las cárcavas, se construirán sistemas de represas de troncos gruesos, colocados unos sobre los otros, horizontalmente, y a unos 8 metros de distancia entre las represas individuales.

Para cada represa se debe tener en cuenta que al ser rellenas por los sedimentos, la caída de las aguas puede tener mayor fuerza erosiva y provocar la profundización del lecho y un nuevo estadio de desarrollo del proceso, por lo que esas zonas han de estar protegidas al respecto, con piedras sueltas, restos vegetales o cobertura de hierbas y malezas.

En relación con la cobertura vegetal, aunque en la zona es relativamente buena, favorecer su mejoramiento hacia los bordes de las cárcavas desprotegidas puede ser muy beneficioso para la restauración a mediano plazo del área. Asimismo, los taludes que han quedado al descubierto debido a los corrimientos, pueden ser protegidos con el establecimiento de un manto herbáceo utilizando especies de la localidad.

Aunque la construcción de canales derivadores en el área se hace difícil atendiendo a las características de la misma, es factible su establecimiento en la parte alta del camino, donde se concentra el flujo, a fin de desviarlo hacia el bosque, donde la cohesión del terreno debido al enraizamiento y el entretrejido de malezas, se incrementa.

Área Alto de Quijo.

En esta zona, por sus características, los sistemas de estructuras transversales tienen amplia aplicación a lo largo de las cárcavas, sobre todo en aquellas que han alcanzado el fondo rocoso. De esta manera se persigue ante todo, la protección de las laderas, y en otro sentido, favorecer la acumulación del suelo, que puede ser fijado luego empleando cobertura herbácea.

Tanto en el tramo anterior como posterior de las estructuras transversales, se construirán represas de piedras, las cuales harán más efectiva la protección de las laderas y favorecerán asimismo la estabilización del fondo. Las represas pueden continuar utilizándose a lo largo de las cárcavas estrechas, teniendo en cuenta que hacia pendientes grandes o donde la fuerza del torrente sea mucha, la distancia entre ellas debe estar entre los 5-7 metros; además, luego de cada periodo de precipitaciones, se debe realizar un monitoreo con el objetivo de mejorar aquellas que hayan sido dañadas, evaluar su efectividad y capacidad de retención.

Aunque la medida anterior es muy factible en el área analizada, las represas de troncos, tanto utilizando para ellas estacas vivas o no, se deben construir a una distancia de 15-20 metros, en combinación con las demás medidas, sobre todo en cabezas de cárcavas profundas y tramos rectos donde el torrente es muy fuerte.

Hacia las plantaciones de cocoteros se pueden emplear colchones de ramas transversales a las cárcavas, combinados con el método de Schiechteln, para lo cual son aprovechables las hojas de las palmas y cocoteros, que ejercen buena protección si se fijan de manera adecuada.

La repoblación forestal es de vital importancia en esta área, en la que la cobertura arbórea no ofrece una protección eficaz. En ese sentido se debe efectuar reforestación con especies locales y de interés ecológico a lo largo de los caminos, y en las plantaciones se interceptarán árboles frutales en los claros.

La construcción de canales derivadores será de uso amplio, con la finalidad de desconcentrar la escorrentía de los numerosos surcos y reguerillos, que amenazan con la formación de cárcavas potenciales. Estos son necesarios además hacia las cabezas de las cárcavas, sobre todo de aquellas con taludes verticales.

En sentido general, esta área es bastante compleja, sobre todo para el establecimiento de una buena cobertura herbácea y forestal, ya que los movimientos de tierra alcanzan el lecho rocoso, por eso, será necesario un monitoreo constante a fin de establecer las medidas que sean necesarias y fortalecer las existentes.

Área San Alejo.

Por ser esta un área compleja, calificada como de erosión muy alta y con un estadio del proceso erosivo avanzado, se hace necesario la aplicación de un sistema de medidas que contribuya a la estabilidad a mediano plazo de la zona, pero además que mejoren el paisaje y se recuperen los ecosistemas alterados.

Las medidas, naturalmente, se aplicarán desde las partes superiores de las cárcavas y hacia sus tramos iniciales, limitando ante todo el desarrollo actual de las mismas y la formación de nuevos barrancos, para con posterioridad facilitar el crecimiento de la vegetación natural.

El primer paso será la aplicación de tecnologías de revegetación, fundamentalmente desarrollando una intensa repoblación forestal en zonas próximas a las cabezas de cárcavas y a sus laderas, en terrazas individuales que limiten la concentración del flujo y favorezcan la infiltración, además es útil el mejoramiento de la vegetación natural a fin de que esta se fortalezca y densifique.

A continuación se construirán los canales derivadores hacia las partes altas de cada sistema de cárcavas, dirigiendo los flujos de agua hacia la vegetación protectora, los cuales perderán fuerza y desaguarán en un pequeño arroyo que corre a unos pocos metros hacia el noreste.

En las cabezas de cárcavas donde existen indicios de inestabilidad y se hayan producido corrimientos, se deben construir represas transversales sólidas, empleando troncos

colocados horizontalmente y su fondo se rellenará con restos vegetales y semillas de gramíneas si es posible.

También en las cabezas se puede construir colchones de ramas pequeños, sobre todo en las de tipo planas y en las de baja profundidad.

Los sistemas de estructuras transversales tienen amplia aplicación en esta área, para la protección de los pies de talud y evitar el ensanchamiento lateral de las cárcavas; los mismos se realizarán a lo largo del perfil longitudinal, combinadas con otras medidas como son las represas transversales en todas sus formas, los colchones de ramas hacia las zonas menos pendientes y el método de Schiechteln.

Donde los lados de las cárcavas se encuentran interrumpidos por surcos o grietas laterales, es importante la aplicación de colchones de ramas para lograr una buena sedimentación y evitar el desarrollo de estas pequeñas estructuras que pueden transicionar a cárcavas e interrumpir el proceso de estabilización del área. Asimismo, donde el terreno lo permita, se construirán pequeñas represas de piedras que frenen la velocidad del agua; también en esos surcos o grietas debe tenerse control a las caídas del flujo en forma de cascada, lo que puede acelerar el proceso erosivo.

Los taludes desprotegidos de las cárcavas pueden ser estabilizados mediante el suavizado del perfil en unos casos y sobre todo imponiendo cobertura herbácea en los mismos.

Un paso final en la restauración del área será la siembra de cobertura de hierbas de la localidad en las acumulaciones de sedimentos y en todos aquellos sitios que esto sea posible; además del monitoreo constante de todas las medidas aplicadas y su mejoramiento en caso de necesidad.

Área Santa María-Jaragua.

Para la recuperación de esta área, se iniciará un proceso de repoblación forestal en los calveros existentes, utilizando para ello *Pinus cubensis* y otras variedades de este género; también es posible la plantación de especies de la vegetación original, hacia los bordes de los pinares y en las fajas de vegetación.

Para construir los canales derivadores será necesario tener en cuenta como una prioridad el lugar de desagüe de los mismos y la pendiente en ese sitio, pues la hierba en esta zona se caracteriza por un enraizamiento en superficie y no ofrece una protección altamente confiable. De cualquier manera, hacia los lugares intermedios del área, así como los más bajos, cercanos a la carretera, aparece la Faragua, una gramínea que resulta resistente al ataque de la erosión y juega un buen papel en la protección del terreno.

Las represas transversales a lo largo de los perfiles longitudinales de las cárcavas, deben construirse con espaciamiento entre 5 y 8 metros, disminuyendo esos valores si fuera necesario en las regiones de mayores pendientes. De estas medidas, las más económicas y ecológicamente factibles son las represas de troncos horizontales y las de piedras, que retendrán el material arrastrado y facilitarán el crecimiento de cobertura herbácea. En ese sentido también pueden ser utilizados en los sitios menos escarpados, las represas de ramas, tanto sencillas como combinadas, así como colchones de restos vegetales mezclados con semillas de gramíneas.

Aunque en la mayoría de los casos se trata de cárcavas poco profundas, donde la erosión lateral actúa con más fuerza, se debe considerar que debido a que no son muy anchas, los taludes se estabilizarán en la medida en que estos sedimentos acumulados cambien la dinámica de desarrollo del canal erosivo. En casos críticos es posible aplicar cobertura herbácea en los mismos, la cual debe plantarse en hileras horizontales y si es posible, sobre terrazas previamente construidas para este fin.

Hacia las zonas donde existan evidencias de desarrollo de este grado de erosión y se aprecia el inicio de su surgimiento, por las cabezas de cárcavas de derrumbes, será necesario construir represas de troncos y favorecer el fondo con restos vegetales. De esta manera progresivamente se irá suavizando la configuración del perfil y luego la estabilización completa será cuestión de un periodo de tiempo corto.

Área Balcón de iberia.

Aunque el coeficiente de erosión y la pérdida de suelo para esta área dan valores preocupantes, lo cierto es que en la misma la vegetación natural, así como la cohesión de los suelos, favorecen en gran medida la estabilización natural del medio, por tal motivo con medidas breves y sencillas, será posible acelerar el proceso de recuperación.

Por la facilidad y disposición de materiales, se construirán colchones de ramas en todas las cárcavas, lo que se facilitará, además, por la configuración estrecha de las mismas. Con esta medida, los colchones actuarán de manera que se favorece la infiltración y disminuye el efecto destructor de las aguas, incluso en el sentido de la erosión subsuperficial; por otro lado, se constituirán en barreras para los sedimentos, hasta los más finos, que con el tiempo van a cohesionarse entre los restos vegetales, y serán útil materia orgánica que va a favor de la regeneración natural del estrato herbáceo.

Otra medida efectiva en el área serán las represas de ramas y troncos, o la combinación de ellas, aunque en estos casos se debe tener presente que los lados de las mismas pueden ser socavados si se colocan en lugares donde esté actuando la erosión subsuperficial, por tal motivo hay que estudiar a fondo las cárcavas individualmente, a fin de determinar si son sólo pequeñas áreas donde la costra se desprendió, pero que la canal se ensancha bajo esta o no existe peligro de socavado.

Los canales derivadores juegan un importante papel en el área y se ubicarán en la zona de recolección del flujo; debido a las características del lugar, estos deben ser de corto recorrido, pero anchos, lo que evitará que se conviertan en cárcavas potenciales.

En cuanto a las tecnologías de revegetación, no será necesario establecer medidas de una manera generalizada, sino solamente contribuir a que la vegetación natural se implante, lo que será posible con algunos tratamientos silviculturales sencillos.

Área Yamanigüey.

Para la solución de la problemática en el área, se debe tener en cuenta ante todo, que aunque las características del suelo y de las pendientes son viables para la no ocurrencia de erosión severa, los movimientos de tierra realizados tiempos atrás, transformaron ambos aspectos, haciendo posible la intensificación del fenómeno erosivo; por otro lado, como en las trochas y terraplenes es donde mayores problemas existen y que estas vías se utilizan en la actualidad en los mantenimientos a la red eléctrica y por la población local, no es posible la repoblación forestal intensiva y se debe enfocar la recuperación del área mediante otras medidas de las propuestas.

Atendiendo a lo anterior, la medida más factible para la estabilización será la construcción de un sistema de represas de troncos, utilizando para ejecutar el mismo árboles deformes

de las plantaciones de pinos existentes en la zona, así como los restos del saneamiento de especies exóticas, en este caso la Casuarina. De estas últimas, son utilizables además las ramas, para implementar el método de Schiechteln y las represas de ramas, descritas con anterioridad. Por otro lado debe aprovecharse la gran cantidad de material elástico existente, para la construcción de represas de piedras de buena solidez.

En todos los casos, estas medidas serán útiles para suavizar el perfil longitudinal de las cárcavas y además, permitir la invasión de algunas gramíneas resistentes.

Al igual que en los casos anteriores, la construcción de los canales derivadores será importante y sobre todo por su factibilidad, ya que en el área, la vegetación de carrascales ejerce una protección adecuada al suelo.

Una variante a aplicar, resulta de la combinación de las represas de tabique sencillo con las de troncos vivos, para la cual se utilizarán como estacas, plantas como la *Dracaena cubensis*, la cual alcanza buena germinación en las condiciones de la región y también se pueden utilizar otras especies factibles al respecto. Luego se trenzarán ramas tal como ya se conoce del epígrafe anterior, lo que hará más resistentes y duraderas este tipo de estructuras, que se aplicará sobre todo en los lugares en que las cárcavas hayan alcanzado la vegetación y se desarrollan a través de ella.

Finalmente, cuando se implanten las medidas en cada área degradada, le seguirá un proceso de monitoreo periódico, con la finalidad de mejorar las estructuras que sean dañadas por los torrentes, fomentar la vegetación e imponer nuevas medidas que se crean necesarias para la total estabilización del fenómeno erosivo y favorecimiento de los ecosistemas.

Conclusiones.

- 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.
- Aplicar en otros sectores
- Implementar la aplicación del plan de manejo

Recomendaciones.

Dar cumplimiento a las leyes

Bibliografía.

- Aguilo Alonso M. y Otros. Guía para la elaboración de estudios del medio físico: "contenido y metodología". Centro de Publicaciones. Secretaría General Técnica. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. España. 1998.
- Alberts, E.E., Holzhey, C.S. West, L.T. y Nordin, J.O. 1987. Soil Selection: USDA-Water Erosion Prediction Project (WEPP). Trans. 87-2S42, ASAE.
- Almaguer Carmenates Y. Tesis de maestría en Geomecánica. ISMM. Moa. 2001.
- Bali, Y.P. y Karale, R.L. 1977. A sediment yield index for choosing priority basins. Proceeding of the Symposium of Erosion and solid matter transport in inland waters, UNESCO, Palis. pp. 180-188.
- Cabrales Rodríguez A. A. Protección de las aguas superficiales de la parte baja de la cuenca del río Cayo Guam. Tesis de maestría. ISMM. Moa. 2001.
- Chavez, H.M.L. y Nearing, M.A. 1991. Uncertainty analysis of the WEPP erosion model.. Transactions of the ASAE 34(6): 2437-2444.
- Chávez, H.M.L. 1990. Uncertainty analysis of a steady-state erosion modal. Tese de doutorado. Purdue University, W. Latayette. 200 pp.
- Chaves, H.M.L. pers. comm. 1992. Método estocástico para a previsão do desmornamento de taludes em ravinas. Trabalho não publicado.
- Chow, V.T., Msidment, D.R. y Mays, L.W. 1988. Applied hydrology. McGraw-Hill, New York. 572 pp.
- De Coursey, D.G. y Meyer, L.D. 1977. Philosophy of erosion simulation for land use management. In: Foster (ed.): Soil erosion: Prediction and control. SCSA Publ., Ankeny. pp. 193-200.
- Dunne, T. 1979. Field studies of hillslope flow processes, in Kirby (ed.) Hillslope hydrology. Wiley, New York. pp. 227-293.
- El-Swaify, S.A. y Dangler, E.W. 1977. Erodibilities of selected tropical soils in relation to structural and hydrologic parameters. In: G.R. Foster (ed.) Soil erosion: Prediction and control Proc. of the National Conf. on Soil Erosion, W. Latayette, IN pp. 105-114.
- Foster, G.R. (Editor). 1987. User requirement: USDA-Water Erosion Prediction Project (WEPP). DraR 6.2. USDA-ARS, Washington. 44 pp.
- González Pedroso C. y Otros. Atlas Climático de Cuba. La Habana. 1983.
- Harr. M.E. 1987. Rdiability-based design in civil engineering. McGraw-Hill, N.York.

- Huggins, L.F. 1986. Field data acquisition systems, in Giorgini & Zingales (eds.): Agricultural nonpoint source pollution: Model selection and application. Developments in esological modeling 10. Elsevier, Amsterdam. pp. 399-409.
- Lal, R. 1978. Soil conservation and management in the tropics. En: Anais do II Encontro Nacional sobre Pesquisa em Erosão. Passo Fundo, RS. pp. 5-18.
- Lane, L.J. y Nearing, M.A. (eds.). 1989. USDA-Water Erosion Predictioo Project: Hillslope Profile Model Documentation. NSERL Report N° 2 W. Lafayette. 300 pp.
- Lecha Estela L. B. y A. Florida Trujillo. Principales características climáticas del régimen térmico del Archipiélago Cubano. La Habana. 1989.
- Manoel Dos Santos O. A. Geología Aplicada y medio ambiente. Aspectos geológicos de protección ambiental. Vol. 1. 1995.
- Morgan, R.P.C. 1986. Soil erosion and conservation. Longman, London. 298 pp.
- Mutchler, C.K., Murphree, C.E. y McGregor, K.C. 1988. Laboratory and field plots for soil erosion studies, in Lal (ed.): Soil erosion research methods. SWCS Publ., Ankeny. pp. 9-38.
- Osman, A.M. y Thorne, C.R. 1975. Riverbank stability analysis. I: Theory. J. of Hydr. Div. ASCE 114(2): 134-150.
- Pérez Domínguez C. La erosión del suelo: causas, efectos y control. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana. 1983. 203 p.p.
- Proenza J. A. Mineralizaciones de cromita en la faja ofiolítica Mayarí-Baracoa (Cuba) Ejemplo del yacimiento Merceditas. Barcelona. España. 1997.
- Rogowski, A.S., Khanbilvardi, R.M. y DeAngelis, R.J. 1985. Estimating erosion on plot, field, and watersbed scales., in El-Swaify et al (eds.): Soil erosion and conservation. SCSA Publ., Ankeny. pp. 149-166.
- Suárez de Castro f. Conservación de suelos.
- USDA. Field manual for research in agricultural hydrology. Agricultural handbook No. 224. Washington. 547 pp.
- Williams, J.R. 1978. Sediment yield prediction with universal equation using runoffenergy factor, in present and prospective technology for predicting sediment-yidd workshop, USDA Sedimentation Laboratory. Oxford, MS. pp. 244-252.
- Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. 1978. Predicting rainfall erosion losses. A guide for conservation planning. USDA Agr. Handbook N° 537. Washington. 58 pp.
- Wischmeier, W.H. 1976. Use and misarse of the Universal Soll Loss Equation. J. of Soil and Water Cons. 31(1): 5-9.

-Yasbek Bitar O. Recuperación de áreas degradadas por actividades de explotación minera. Aspectos geológicos de protección ambiental. Vol.1. 1995.

Gutiérrez Domech, Roberto y Manuel Rivero Glean. Minigeografía de Cuba. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1997.

Núñez Jiménez, Antonio. Colón, Cuba y el tabaco. Editorial Tabacalera. Madrid, 1992.

Oliva Gutiérrez, Gladstone. Nuevo Atlas Nacional de Cuba. Editorial I.G.A.C.C y el I.C.G.C., España, 1988.

Pérez Rojas, Niurka y otros. Cuba: Período Especial. Perspectivas. Editorial Ciencias Sociales, La Habana, 1998.

Raffaele, Herbert y otros. A Guide to the Birds of the West Indies. Editorial Princeton University, Press, New Jersey, 1998.

Silva Lee, Alfonso. Chipojos, bayoyas y camaleones. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1984.

Proyecto GCP/RLA/107/JPN

Apoyo para una Agricultura Sostenible Mediante
Conservación y Rehabilitación de Tierras en América Latina

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación Oficina
Regional de la FAO para América Latina y el Caribe Santiago, Chile 1994

EROSION DEL SUELO

HYPERLINK "<http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S00.htm>" \l "Contents"

Back to contents

HYPERLINK "<http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S09.htm>" \l

"CARACTERÍSTICAS SOCIO-ECONÓMICAS"

Previous file

HYPERLINK "<http://www.fao.org/docrep/t2351s/T2351S0b.htm>" \l "La erosión del suelo en la República Argentina"

Heede, B.H. (1970): Morphology of gullies in the Colorado Rocky Mountains. Bull. Int. Assoc. Sci. Hydr., 12, 4: 78-89.

Heede, B. H. (1979): Gully development and control. USDA Forest Service Research Paper RM-169, Fort Collins, May 1976.

Imeson, A.C. and Kwaad, F.J.P.M. (1980): Gully Types and Gully Prediction. K.N.A.G. Geografisch Tijdschrift, 14, 5: 430-441. Crouch, R.J. and Blong, R.J. (1989): Gully

sidewall classification: methods and applications. *Zeitschr. f. Geomorphologie*, N.F., 33: 291-305.

Seginer, I. (1966): Gully development and sediment yield. *Journal of Hydrology*, 4: 236-253.

Thompson, J.R. (1976): Quantitative Effect of Watershed Variables on Rate of Gully-Head Advancement. *Transactions of the ASAE*: 54-55.

Donker, N.H.W. and **Damen, C.J.** (1984): Gully system development and an assessment of gully initiation risk in Miocene deposits near Daroca-Spain. *Zeitschr. f. Geomorphologie*, N.F., Suppl-Bd. 49: 37-50.

Uson, A. (1998): Medidas de control de erosión en suelos de viña de las comarcas Anoia-Alt Penedès (Barcelona): Efectividad y Viabilidad. Ph.D Thesis, University of Lleida, Lleida (Spain).

Glosario de términos utilizados en el texto.

Ecosistema: Cualquier área que tiene organismos vivos y sustancias inanimadas que actúan como una unidad y donde hay un intercambio de material entre los elementos vivos e inanimados y se desarrolla un flujo de energía dentro y a través del sistema. Aunque los ecosistemas pueden ser extremadamente pequeños, la palabra es usada en este capítulo para significar una área desde el tamaño de una pequeña granja (1 -5 hectáreas) hasta una región (varios miles de kilómetros cuadrados). Los límites de los ecosistemas son establecidos arbitrariamente y se determinan de acuerdo a los objetivos del estudio.

Textura del suelo: Las proporciones relativas de los diversos tamaños de partículas minerales (grava, arena, limo, arcilla) en el suelo. Las partículas finas y gruesas tienen muy diferentes propiedades en términos de infiltración de agua y capacidad de almacenamiento, compactibilidad, erosividad y disponibilidad de nutrientes. Las clases de texturas van desde la arcilla que consiste de partículas de tamaño menor a 0,002 mm en diámetro, a limo (entre 0,002mm y 0,050mm), a arena fina (0,050mm - 0,020mm), a arena gruesa (0,020mm - 0,200mm), hasta grava fina (0,200mm - 2,00mm) y grava gruesa (2,00mm - 5,0mm). En general los términos de "textura fina" y "textura gruesa" se refieren a suelos que contienen grandes cantidades de arcillas o limos de arcilla mientras que "textura gruesa" o "textura leve" se refieren a suelos que contienen relativamente más arena que arcilla.

Erosión en cárcavas— la más obvia y dramática demostración de erosión aunque en la mayoría de las áreas es realmente menos significativa en términos de la degradación total de la tierra. La erosión de cárcavas raramente ocurre sin erosión laminar. El detonante para el proceso puede ser la pérdida de vegetación en áreas donde la micro-topografía resulta en flujos de corriente concentrada durante las lluvias. Ésta también puede ser disparada por la erosión a lo largo de caminos mal trazados, huellas y bordes de carreteras. El proceso puede empezar con "rills" y termina con cárcavas que tienen decenas de metros de profundidad.

Desarrollo Sostenible: Proceso de elevación sostenida y equitativa de la calidad de vida de las personas, mediante el cual se procura el crecimiento económico y el mejoramiento social, en una combinación armónica con la protección del medio ambiente, de modo que satisfagan las necesidades de las actuales generaciones, sin poner en riesgo las de generaciones futuras.

Gestión Ambiental: Conjunto de actividades, mecanismos, acciones e instrumentos, dirigidos a garantizar la administración y uso racional de los recursos naturales mediante la conservación, mejoramiento, rehabilitación y monitoreo del medio ambiente, y el control de la actividad del hombre en esta esfera.

Ecosistema: Sistema complejo con una determinada extensión territorial, dentro del cual existen interacciones de los seres vivos entre sí y de estos con el medio físico o químico.

Área Protegida: Partes determinadas del territorio nacional declaradas con arreglo a la legislación vigente, de relevancia ecológica, social o histórico cultural para la nación, y en algunos casos de relevancia internacional, especialmente consagradas, mediante un manejo eficaz, a la protección y mantenimiento de la diversidad biológica y los recursos naturales, históricos y culturales asociados, a fin de alcanzar objetivos específicos de conservación.

Degradación: Conjunto de procesos resultantes de daños al medio ambiente, por lo que se pierden o se reducen algunas de sus propiedades, tales como la capacidad productiva de los recursos ambientales.

Recursos Naturales: Todos los componentes del medio ambiente, renovables o no, que satisfacen necesidades económicas, sociales, espirituales, culturales y de la defensa nacional, garantizando el equilibrio de los ecosistemas y la continuidad de la vida en la Tierra.

Recuperación: Es en la práctica imposible. Incluye la perspectiva básica referente a la ejecución coordinada de medidas que tienen por finalidad asegurar la estabilidad del ambiente a corto plazo (recuperación) y otra, vinculada a un proyecto de uso futuro: de medio a largo plazo, para el área (rehabilitación).

Paisajes naturales: Aquellos donde las relaciones básicas del paisaje no han sido influidas por el hombre.