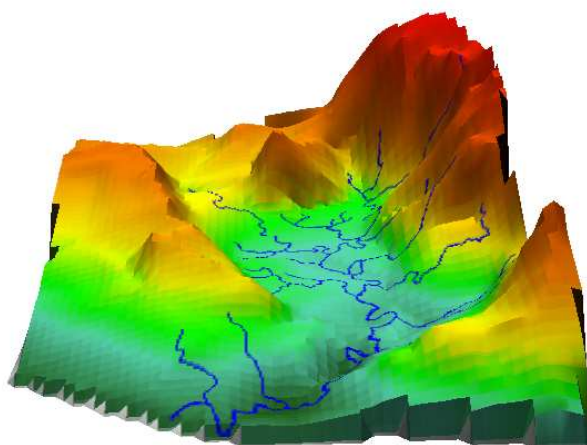


UNIVERSIDAD DE ALICANTE, ESPAÑA
UNIVERSIDAD DE PINAR DEL RÍO, CUBA

Programa de Doctorado Académico
Desarrollo Sostenible de Bosques Tropicales:
Manejo Forestal y Turístico

Causas y consecuencias del deterioro del paisaje en la cuenca del río Yaguanabo



Tesis Doctoral

Presentada por: Lic. Héctor E. Ledesma Cañellas

Directores: Dr. Antonio Escarré Esteve.
Dr. Rubén de Jesús Chamizo Pérez.

Marzo de 2011

Dedicatoria.

Dedico esta tesis a:

Al Dr. Rubén de Jesús Chamizo Pérez, Director de la esta tesis, quien ha consagrado el máximo esfuerzo y tiempo ilimitado para apoyar esta investigación en pos de los mejores resultados, siendo el máximo inspirador, en la elaboración, el análisis y la consecución de los resultados finales.

A mi esposa, Bárbara Cruz Fraga de Ledesma, de quien he obtenido, apoyo, entendimiento y colaboración en todo momento.

A mi madre, Alicia Cañellas Rodríguez, que siempre está presente y contribuyendo emocionalmente, con tesón y amor, para que todas mis metas se conviertan en realidad.

Agradecimientos.

A todas las personas, que en uno u otro momento han apoyado para que este trabajo llegue a un feliz término.

Agradecimientos especiales.

Al Dr. Rubén de Jesús Chamizo Pérez,

Al Dr. Antonio Escarré Esteve,

A la Dra. Lourdes María Martínez Casanova.

Quienes no han escatimado esfuerzos, tiempo y dedicación, siendo los pilares fundamentales para alcanzar el término de esta investigación. Para ellos, toda mi gratitud y respeto.

ÍNDICE

ÍNDICE	i
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
I.1. Fundamentación de la investigación	4
I.1.1. Postulados generales sobre cuencas hidrográficas.....	4
I.1.2. La cuenca hidrográfica como unidad territorial para la gestión integral de recursos.....	5
I.1.3. El paisaje como referente fundamental en el estudio del medio natural	7
I.2. Generalidades sobre la investigación	7
CAPÍTULO II. LOS SUELOS EN LA CUENCA DEL RÍO YAGUANABO. PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS	10
II.1. Introducción	10
II.2. Materiales y Métodos	12
II.2.1. Descripción del área de investigación	12
II.2.2. Modelos teóricos y cuantitativos aplicados en el estudio de la erosión	12
Método del Cesio-137.....	13
Aplicación del método de la USLE	14
A = R.K.L.S.C.P,	14
Aplicación del Índice de Fournier.....	14
II.2.3. Métodos morfométricos para la evaluación del relieve.....	14
Disección vertical (Desmembramiento vertical)	15
D.V = H máx. – H mín,	15
Disección horizontal (Desmembramiento Horizontal)	16
Dhr = L/A	16
Mapa de pendientes	17
Métodos de la Erosión Potencial	18
II.2.4. Análisis de la sedimentación en el último tramo del río Yaguanabo.....	19

Metodología para el muestreo de sedimentos.....	20
Selección del área de estudio.	20
Método de muestreo.	20
Método de ensayo.	20
II.3. Resultados y Discusión.....	20
II.3.1. Evaluación de los efectos del uso ganadero sobre el suelo en atención a las condiciones de relieve y precipitaciones en la cuenca del río Yaguanabo.....	20
Método de la Disección Horizontal	21
Disección vertical.....	21
La pendiente.....	22
Método de la erosión potencial.....	22
II.3.2. Modelos teóricos y cuantitativos para cuantificar la erosión de los suelos y/o predecir la misma.....	24
Aplicación del Método del Cs ₁₃₇	25
Ecuación universal del suelo (USLE)	25
Índice de Fournier, degradación específica o índice de agresividad del clima	25
Comparación de los diferentes modelos usados para estimar y/o cuantificar la erosión.....	26
II.3.3. Impactos del uso de la tierra en el recurso suelo de la cuenca Yaguanabo.....	27
II.3.4. Identificación de las áreas de mayor vulnerabilidad	29
II.3.5. Soporte jurídico y normativo vigente para el uso de los recursos naturales vinculados al uso y conservación de los suelos	30
Constitución de la República de Cuba (Ministerio de Justicia 1992).....	30
Ley No. 76 Ley de Minas (Ministerio de Justicia 1994).....	31
Ley No. 85 Ley Forestal (Ministerio de Justicia 1998).....	31
II.3.6. Propuesta de uso en atención a los resultados del presente trabajo	34
II.3.7. Análisis de la sedimentación en el tramo final del río Yaguanabo.	34
II.4. Conclusiones	35

CAPÍTULO III. EL RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO Y LA ACIDEZ DE LAS LLUVIAS EN LA CUENCA DEL RÍO YAGUANABO	37
III.1. Introducción	37
III.2. Materiales y Métodos	40
III.2.1. Caracterización general de los datos utilizados	40
III.2.2. El análisis de las series cronológicas de lluvia	41
III.2.3. Las precipitaciones según su origen	41
III.2.4. Tratamiento de las variables analizadas en la investigación	42
III.3. Resultados y Discusión	43
III.3.1. El volumen de las precipitaciones mensuales	43
III.3.2. La frecuencia de las precipitaciones mensuales	44
III.3.3. El volumen de las precipitaciones en las épocas seca y lluviosa ..	46
III.3.4. La frecuencia de las precipitaciones en las épocas seca y	47
lluviosa	
III.3.5. El volumen de las precipitaciones anuales	49
III.3.6. La frecuencia de las precipitaciones anuales	49
III.3.7. La ocurrencia de precipitaciones según su origen	50
III.3.8. ¿Han tenido lugar variaciones en la proporción de las	54
precipitaciones según su origen a través del tiempo?	
La acidez de las lluvias en la cuenca del río Yaguanabo	55
La concentración de hidrogeniones [H ⁺] en el período 1994-1999	56
El pH, el caudal y la frecuencia de las lluvias en la cuenca	60
III.3.9. Algunas observaciones sobre el pH y la conductividad del agua	63
del río Yaguanabo	
III.4. Conclusiones	66
CAPÍTULO IV. CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN DE LA CUENCA	69
IV.1. Introducción	69
IV.2. Materiales y Métodos	71

IV.3.	Resultados y Discusión.....	72
IV.3.1.	Inventario florístico	72
IV.3.2.	Las coberturas antes y después de un período de 17 años	74
IV.3.2.	Índices de diversidad de la vegetación.....	75
IV.4.	Conclusiones	77
CAPÍTULO V. LOS CAMBIOS A NIVEL DE PAISAJE Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO LOCAL.....		78
V.1.	Introducción	78
V.2.	Materiales y Métodos	81
V.2.1.	Origen de los datos primarios.....	81
	Base Cartográfica	81
	Datos geográficos.....	82
V.2.2.	Procesamiento de datos.....	82
V.2.3.	Digitalización de imágenes (mapas) y uso del SIG.	82
V.2.4.	Métodos empleados para el análisis de la información contenida en el SIG	82
V.2.5.	Valoración preliminar del estado de manejo de la cuenca	83
V.2.6.	Características generales y condiciones de vida de la población local	83
V.3.	Resultados y Discusión.....	85
V.3.1.	Caracterización del área dentro de los contextos espaciales....	85
	Ubicación Geográfica del área de Estudio.....	85
	Ubicación Político-Administrativa	85
	Relaciones viales con pueblos cercanos y ciudades importantes	85
	Descripción literal y con coordenadas de los límites físicos	85
	Condiciones Ingeniero-Geológicas.....	86
	Condiciones Climáticas	86
	Características Físico-Geográficas.....	87
Paisajes.....		89
Modificación Antrópica y cambios en el uso del suelo.		90

Caracterización de los Valores Socio-Económicos.	90
Valores Históricos – Culturales.	90
V.3.3. Problemática Ecológica, Económica y Social	91
Principales alteraciones del <i>habitat</i> natural	91
Problemas económico-sociales	91
V.3.4. Valoración preliminar del estado de manejo de la cuenca	92
V.3.5. Características generales y condiciones de vida de la población..	95
V.3.6. Tenencia de la tierra	96
V.3.7. Principales actores y su huella en la cuenca	96
V.4. Conclusiones	99
CAPÍTULO VI. LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN LOCAL RESPECTO A LOS CAMBIOS AMBIENTALES OCURRIDOS.	101
VI.1. Introducción	101
VI.2. Materiales y Métodos	102
VI.2.1. Análisis de la percepción de la población local y los directivos sobre la situación ambiental de la cuenca	102
Encuesta a pobladores	102
Caracterización de la muestra de pobladores encuestados.	102
Opiniones de pobladores encuestados.	103
Entrevista a directivos	103
Caracterización de la muestra de directivos.	103
Análisis de los aspectos incluidos en la entrevista.	103
VI.2.2. Programas y recursos estadísticos	104
VI.3. Resultados y Discusión	104
VI.3.1. Análisis de la percepción de la población local y los directivos sobre la situación ambiental de la cuenca	104
Resultados de la encuesta a pobladores	104
Caracterización de la muestra de pobladores encuestados.	104

Opiniones de pobladores encuestados.....	105
Resultados de la entrevista a directivos	109
Caracterización general de la muestra.....	109
Análisis de los aspectos económicos.....	110
Análisis de los aspectos institucionales.....	110
Análisis de los aspectos socioculturales.....	111
Validación de la hipótesis planteada.....	111
VI.4. Conclusiones	112
VI.4.1. Recomendaciones.....	114
CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES GENERALES.....	115
BIBLIOGRAFÍA	118

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN GENERAL

“.... tantas personas pueden usar un recurso común, cada una tomando de él más de lo que ese recurso puede sostener, que colectivamente hacen que el recurso se desintegre poco a poco hasta que está tan deteriorado que nadie puede hacer uso de sus bondades”.

Hardin (1968), Tragedia de los comunes.

Hoy existe un consenso general respecto a la necesidad de encontrar formas más sostenibles para la gestión de los recursos naturales frente a las evidencias históricas de uso irracional y sus profundas consecuencias negativas a nivel planetario (García 2002 en Morejón 2009: 14). La deforestación, la erosión de los suelos, la pérdida de material genético y la extinción de especies biológicas tienen serias repercusiones sobre la producción de alimentos y materias primas, de manera que los problemas ambientales, las necesidades del desarrollo humano y la conservación de ecosistemas y especies, no pueden separarse (Villarroel 2009). La pérdida de biodiversidad va contra la satisfacción estética, la disponibilidad de recursos vitales, el desarrollo de la biotecnología y los servicios esenciales que brindan los ecosistemas naturales (Kricher 1996: 352).

Se sabe que la conservación *in situ* es la vía más efectiva para garantizar la preservación de la biodiversidad a largo plazo, de ahí que se decida proteger ciertas áreas más o menos extensas donde el paisaje natural se mantiene en su estado original o ha sufrido pocos cambios; sin embargo, esto no basta para detener los procesos de deterioro ambiental, pues se necesita llevar la conservación al ámbito donde la población humana realiza sus actividades y satisface sus necesidades vitales, a fin de evitar el agotamiento de los recursos primarios y la declinación de la calidad de su medio ambiente (Chamizo *et al.* 2010)

El crecimiento de la población humana y la recurrencia de situaciones de crisis económica a escala global con sus manifestaciones a nivel local hacen que no siempre sea posible mantener sin uso los recursos naturales de grandes territorios. Adicionalmente, el fenómeno de cambio climático global complica más los esfuerzos por encontrar formas más sostenibles de gestión de los recursos naturales, como consecuencia de la insularidad del país y su vulnerabilidad ante eventos extremos, como las sequías, los huracanes, las lluvias intensas y la surgencia del mar, que han mostrado una tendencia a agudizarse. Todo esto presupone importantes cambios conceptuales, tanto para el manejo de las áreas naturales que requieren protección, como para la gestión de las tierras que sostienen las diversas producciones y constituyen los sitios de asentamiento de las poblaciones humanas. Consecuentemente, es

importante la delimitación de los espacios naturales que merecen un *status* legal para su protección, pero lo es también el mejoramiento del sistema de gestión de las tierras productivas. (Chamizo *et al.*, 2010).

El ámbito de la cuenca hidrográfica es donde se puede lograr una mejor integración entre la gestión y el aprovechamiento del agua y las acciones de manejo, explotación y control de uso de otros recursos naturales que tienen repercusiones en el sistema hídrico. En las cuencas se manifiesta un proceso permanente y dinámico de interdependencia e interacción del agua con los sistemas físico (recursos geológicos) y biótico (flora y fauna) y el sistema socioeconómico. Los cambios en el uso de los recursos naturales (principalmente el suelo) acarrearán una modificación del ciclo hidrológico aguas abajo en los aspectos cuantitativo, cualitativo, temporal y espacial. La dependencia de un sistema hídrico compartido y el hecho de que deben enfrentar riesgos similares, confieren a los habitantes de una cuenca características socioeconómicas y culturales comunes. (Dourojeanni y Jouravlev 2002: 7-8)

Se ha reconocido como urgente e importante el establecimiento y fortalecimiento de estructuras organizativas para el manejo de cuencas, partiendo de la importante interrelación entre el uso del suelo y el aprovechamiento del agua y el rol de la cuenca fluvial como entidad geográfica más apropiada para la planificación y gestión integrada de los recursos hídricos (Dourojeanni y Jouravlev 2002: 1-3).

El manejo de cuencas, en su concepción original, tuvo como fin regular la escorrentía en cantidad, calidad y oportunidad, protegiendo zonas vulnerables cerca de pendientes o cauces (Dourojeanni y Jouravlev, 1999 y 2001); pero su alcance ha evolucionado hacia niveles más complejos, desde la protección de recursos naturales, la mitigación de los efectos de fenómenos naturales extremos, el control de la erosión y la contaminación, la conservación de suelos y la rehabilitación y recuperación de zonas degradadas, el mejoramiento de pastos, la gestión forestal, la agricultura, la agroforestería y el agrosilvopastoreo y, en épocas más recientes, se ha hecho extensivo al manejo integrado de los recursos naturales y a la gestión ambiental integrada (Dourojeanni y Jouravlev 2002: 7).

Las cuencas son espacios geográficos donde los grupos y comunidades comparten identidades, tradiciones y cultura, y donde socializan y trabajan los seres humanos en función de su disponibilidad de recursos renovables y no renovables (Faustino, 2000).

En concordancia con lo anterior la cuenca, como unidad de manejo, constituye el concepto más integrador para el uso y administración sostenible de los recursos en ella existentes, así como para la adopción y aplicación de las decisiones políticas, económicas, sociales y ambientales básicas para el desarrollo sostenible (CITMA, 2000).

De acuerdo con Dourojeanni (1994) las cuencas constituyen zonas de drenaje y captación donde se une el agua, concentrándose para alimentar los ríos y los lagos, antes de desembocar en el mar. Más de la mitad de la población mundial utiliza el agua de las cuencas para producir alimentos, generar electricidad y, lo principal, para beber. Sin embargo, en los últimos 30 años las cuencas

hidrográficas y especialmente las de montaña corren más peligro que nunca. La presión del crecimiento demográfico, la deforestación, la minería, las prácticas agrícolas insostenibles, el calentamiento del planeta, el turismo y la urbanización ejercen una significativa presión en las cuencas poniendo en peligro los recursos naturales que ellas contienen. Así, en 1970 surgió la preocupación por el manejo de cuencas principalmente con el fin de mitigar los efectos negativos de las aguas de escurrimiento (sedimentación de embalses, deslizamientos e inundaciones), pero el interés por la integración en el manejo de todos los recursos naturales de la cuenca para su aprovechamiento racional y conservación, surge en América Latina entre 5 y 7 años después de la reunión de Estocolmo de 1972, iniciándose con los estudios de impacto ambiental y luego con los análisis ambientales; sin embargo, en gran medida la gestión ambiental a nivel de cuencas no ha pasado de los estudios y de las propuestas de organización. Este autor refiere que

“... la gestión integral de las Cuencas consiste en armonizar el uso, aprovechamiento y administración de todos los recursos naturales (suelo, agua, flora y fauna) y el manejo de los ecosistemas tomando en consideración tanto las relaciones establecidas entre recursos y el ecosistema en sí, como los objetivos económicos y sociales, así como las prácticas productivas y formas de organización que adopta la sociedad para satisfacer sus necesidades y procurar su bienestar en términos sustentables”.

Además, tanto en el manejo de espacios naturales en general, como en la gestión integrada de cuencas, es condición *sine qua non* la realización de estudios holísticos, inter disciplinares y transdisciplinares, partiendo de la génesis de los procesos naturales y antrópicos que se manifiestan en el territorio, de modo que el resultado integrado de las investigaciones efectuadas permita trazar estrategias de intervención científicamente fundamentadas.

Según León y Castellanos (2004), en la actualidad el concepto de Manejo Integrado de Cuencas y Áreas Costeras constituye uno de los enfoques más importantes, necesarios y novedosos a considerar, en aras de ejecutar acciones hacia el desarrollo sustentable de las costas y cuencas a escala mundial. Se considera además que este enfoque debe abordarse también para aquellas cuencas que no desembocan al mar, por la propia interrelación que las caracteriza.

En Cuba, el 5 de mayo de 1997, se constituyó el Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas (CNCH) mediante la Resolución 3139 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, teniendo en consideración la necesidad de revertir la situación del deterioro ambiental existente en las cuencas hidrográficas del país, originada tanto por condiciones heredadas del pasado, como por el desarrollo de la economía y por cierto grado de desconocimiento social, tarea que no pertenece a un organismo o sector determinado sino, a toda la sociedad en su conjunto (Castro, 1997).

En el territorio nacional se cuenta con 15 Consejos Provinciales (incluyendo el Consejo del Municipio Especial de la Isla de la Juventud) y seis Consejos de Cuencas Específicos para los casos donde existen cuencas territorialmente compartidas: Cauto, Almendares-Vento, Ariguanabo, Zaza, Hanabanilla y Toa.

Este número de consejos evidencia que casi la totalidad de la geografía cubana queda ordenada atendiendo a las cuencas hidrográficas. En el país existen 632 cuencas de dimensiones superiores a los 5 Km², pero el 85% de ellas no rebasa los 200 Km² (CIGEA, 2004).

La Provincia de Cienfuegos cuenta con 14 cuencas hidrográficas que desaguan a la Bahía de Cienfuegos, a la Ciénaga de Zapata y al Mar Caribe. Algunas de ellas han sido estudiadas parcialmente, pero en ningún caso se ha empleado el enfoque de Manejo Integrado para armonizar todos los conflictos que en ellas se presentan. Los ríos principales, como componentes fundamentales de la red hidrológica de la provincia, conforman un potencial hidráulico que no tiene un uso adecuado, sobre todo, los enclavados en las cuencas del macizo montañoso Guamuhaya, como es el caso de la cuenca del río Yaguanabo, ubicada al Suroeste de las Alturas de Trinidad del propio macizo.

En los estudios anteriormente realizados en esta cuenca (ENPA 1993, Cárdenas 2006) se evidencia un deterioro ambiental generalizado, sobre todo, en los recursos naturales más significativos del territorio. El agua del río Yaguanabo presenta importantes niveles de contaminación. El paisaje, otrora caracterizado por la alternancia de áreas boscosas y pastizales, con una ganadería saludable y una fauna silvestre diversa y abundante, se muestra hoy desolado, con predominio de la deforestación y la generalización de procesos erosivos, siendo tal vez el deterioro del suelo el inconveniente de mayor envergadura, dadas las repercusiones que tiene sobre otros importantes recursos y sobre la economía local.

I.1. Fundamentación de la investigación

El caso que se analiza en la presente investigación, un típico valle intramontano conformado por la cuenca hidrográfica del río Yaguanabo que vierte directamente al Mar Caribe (ENPA 1993), agrupa en su contexto un conjunto de elementos naturales y socioculturales en interacción dinámica, donde se manifiesta el efecto de la actividad humana sobre los componentes del paisaje y la respuesta de estos a dicha actividad. Esto ofrece la oportunidad de estudiar la interrelación hombre-naturaleza, esencialmente equivalente a la relación comunidad rural-medio ambiente, lo que sin dudas reportará resultados y experiencias de interés para las investigaciones y el manejo de recursos en escenarios similares.

I.1.1. Postulados generales sobre cuencas hidrográficas

Para la concepción de la investigación se ha tenido en cuenta ciertos principios que han permitido abordar los análisis desde una perspectiva holística e integradora, que son brevemente expuestos a continuación.

La cuenca hidrográfica es concebida como un área natural, en la que el agua proveniente de la precipitación forma un curso principal, conformada por componentes biofísicos (suelo, agua, vegetación, fauna) y antropógenos (socioeconómicos, culturales e institucionales), interrelacionados entre sí de tal

manera, que al afectarse uno de ellos, puede tener lugar un desbalance que ponga en peligro a todo el sistema (Ramakrishna 1997).

La cuenca, como sistema natural, reúne todas las condiciones para utilizarla como unidad de planificación en el establecimiento de programas integrados que permitan la solución de problemas de mucha complejidad, pues es un territorio donde se verifica el ciclo hidrológico natural y ciclo biológico que incluye al hombre y, simultáneamente, un espacio geográfico en el que cohabitan grupos sociales con diferentes identidades, tradiciones y culturas, los cuales socializan y trabajan en función de la disponibilidad de recursos (Faustino, 2000).

La cuenca hidrográfica es considerada como unidad natural cuyos límites quedan establecidos por la divisoria geográfica principal de las aguas de lluvia o «parteaguas», línea imaginaria que une los puntos de máximo valor de altura relativa entre dos laderas adyacentes de exposición opuesta. El área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca es denominada «subcuenca», de manera que una cuenca puede estar conformada por varias subcuencas. Del mismo modo, el área que desarrolla su drenaje hacia la corriente principal de una subcuenca es conocida como «microcuenca», por lo que varias microcuencas pueden conformar una subcuenca. Entonces, al interior de las cuencas se pueden delimitar subcuencas, microcuencas, quebradas o riachuelos de orden inferior, delimitados por sus respectivos parteaguas. (Jiménez, 2004a).

De acuerdo con Rivera (2003) las cuencas y subcuencas no responden a una clasificación homogénea, sino a la relación del hombre con su entorno natural, en el que se integran de manera funcional los diferentes elementos componentes y los usos que hace el propio hombre de sus recursos. Este autor define a la subcuenca como una unidad de drenaje de menor superficie que la cuenca de la que forma parte y es tributaria, o sea, una cuenca que drena a una cuenca más grande. Asimismo, define a la microcuenca como la mínima unidad territorial de drenaje dentro de una cuenca y tributaria de una subcuenca.

I.1.2. La cuenca hidrográfica como unidad territorial para la gestión integral de recursos

Las cuencas hidrográficas son unidades del territorio en donde funcionan, simultáneamente y en combinación, un subsistema hídrico que produce agua, con un subsistema económico y social activado por el hombre que incluye el capital, el trabajo y la tecnología, que produce bienes y servicios agrícolas, pecuarios, forestales y recreativos que son demandados por la población humana, cuya comercialización origina ingresos y contribuye al desarrollo (Rivera 2003). La interacción dinámica entre los sistemas socioeconómicos y biofísicos que tiene lugar en la cuenca responde a los estilos de manejo de los recursos agua, suelo, flora y fauna, así como a las actividades o infraestructuras existentes en su zona de influencia (Faustino 2000).

Vargas (1993) señala que la cuenca hidrográfica constituye una unidad de análisis que permite identificar y dimensionar los elementos naturales y

antrópicos que determinan la calidad y disponibilidad del recurso hídrico y las tendencias y riesgos que afectan su aprovechamiento, es decir, existe un potencial de degradación que puede impedir el aprovechamiento sostenible del recurso hídrico cuando los otros componentes de este sistema sufren deterioro ya sea por causas naturales o antrópicas. El deterioro de las cuencas es causa de muchos problemas para la población humana y su medio ambiente. Un concepto comprensible acerca de la degradación de una cuenca hidrográfica es el propuesto por Sheng (1992), quien la concibe como la pérdida de valor en el tiempo, incluyendo el potencial productivo de tierras y aguas, acompañada de cambios pronunciados en el comportamiento hidrológico del sistema fluvial que se expresa en una disminución de la calidad y la cantidad del agua producida por este. Así, la degradación de cuencas ocasiona menores oportunidades económicas y mayores problemas sociales. Los daños asociados a un mal manejo de cuencas, como la erosión del suelo, los deslaves, la disminución de la cantidad y la calidad del agua, la pérdida de biodiversidad y los graves desequilibrios ecológicos, tienen un elevado costo que casi siempre es subestimado.

Un aspecto a recalcar es la naturaleza unidireccional, asimétrica y anisotrópica de las interrelaciones e interdependencias entre los usos y usuarios de agua en una cuenca, cuyos efectos externos, tanto positivos como negativos, siempre se propagan desde los puntos situados aguas arriba hacia los ubicados aguas abajo. Cabe agregar que los efectos negativos persistentes tienden a acumularse aguas abajo como consecuencia de distintas actividades separadas cronológicamente, que son realizadas aguas arriba. Como resultado de esto, a menudo tiene lugar un conflicto entre usuarios de aguas arriba y usuarios de aguas abajo, lo que limita severamente las posibilidades de alcanzar un aprovechamiento económicamente óptimo, socialmente justo y ambientalmente sustentable del recurso, algo que sólo se puede alcanzar mediante la intervención del Estado. (Dourojeanni y Jouravlev 2002: 3-4).

En este sentido, es necesario valorar la vocación de la cuenca y ponderar los niveles y procesos de degradación, para determinar el tipo de intervención. (Ramakrishna, 1997). El manejo integrado de cuencas, es un proceso que persigue alcanzar objetivos y metas claras de desarrollo, con una visión de integralidad y participación de usuarios y beneficiarios, bajo las premisas del manejo sostenible y la capacidad de soporte que tiene cada uno de estos territorios, para la administración adecuada de los mismos; además, la ventaja de utilizar la cuenca como unidad de manejo está en que ella encierra los ciclos naturales como el hidrológico y posibilita la determinar las consecuencias de las acciones que se realizan aguas arriba sobre las áreas de aguas abajo y viceversa (Rivera, 2003).

La gestión de cuencas es precisamente la dirección de acciones coordinadas considerando sus efectos en la dinámica de los sistemas naturales conformados por estas (Dourojeanni 1994: 7, en CEPAL 1997). Su finalidad es conservar la biodiversidad y mantener las capacidades para la satisfacción de las necesidades humanas respecto al uso de recursos (principalmente el agua y el suelo) en los territorios correspondientes.

I.1.3. El paisaje como referente fundamental en el estudio del medio natural

El estudio de los diferentes caminos por los que se construye la noción de paisaje es importante para entender las varias interpretaciones, las cuales no pocas veces son permeadas por visiones filosóficas, teóricas y metodológicas de diverso matiz que subyacen al análisis paisajístico.

Ello se lleva a cabo, de acuerdo a un análisis sistémico y holístico, lo cual permite analizar al paisaje desde una posición sistémica, concibiéndose así como una categoría particular de geosistema natural. Desde esa posición, se definen las diferencias con los conceptos de ecosistema y medio ambiente. (Mateo 2000).

Según Mateo (2000), el paisaje natural, concebido como geosistema, se define como un espacio terrestre de cualesquiera dimensiones donde los componentes naturales se encuentran en interrelación. La visión geosistémica presupone niveles ascendentes de complejidad para la comprensión del paisaje como interfase entre la naturaleza y la sociedad. De tal manera, los paisajes puede ser naturales (en estado natural o casi - natural), antropo-naturales y antrópicos o antropogénicos,

El término geosistema se ha utilizado fundamentalmente con las acepciones de formación natural, funciones terrestres complejas (incluyen la naturaleza, la población y la economía), cualquier sistema terrestre y cualquier objeto estudiado por las Ciencias de la Tierra. El geosistema, tiene un carácter policéntrico y poliestructural y generalmente abarca un mayor número de componentes y relaciones que el ecosistema, enfatizando su carácter territorial o espacial (Troppmair 1995 citado por Mateo 2000). La clasificación tipológica de los paisajes debe reflejar el nivel de estudio del territorio y su grado de su diferenciación espacial y, además de ser un resultado científico, puede constituir un valioso instrumento en la planificación y la gestión ambiental (Mateo 2000). De acuerdo con lo hasta aquí referido, para la presente investigación se consideró el geosistema como unidad de trabajo.

I.2. Generalidades sobre la investigación

Entre los problemas más graves que enfrenta la agricultura cubana está la degradación de los suelos y el no prestar la debida atención a los procesos que la ocasionan, lo que compromete el futuro del país. La producción ganadera vista como proceso biológico es influenciada por el medio ambiente, a la vez que esta ejerce su influencia sobre aquel. En los sistemas de pastoreo el objetivo principal está en la producción animal, por lo que los manejos están predominantemente dirigidos a su incremento y a la mantención de altos niveles de renta ganadera, resultando difícil que se considere la aplicación de medidas de protección ambiental, en especial, cuando se trata de ganadería extensiva. La cuenca Yaguanabo es fiel reflejo de tal situación, en ella, un manejo poco adecuado de la ganadería junto a la ausencia de medidas de conservación de suelos, bajo la influencia de factores naturales como el relieve

y el clima, han originado condiciones para la transformación negativa del paisaje cuya permanencia en el tiempo ha conducido a la situación actual.

La presente investigación ha sido concebida atendiendo a que esta cuenca, de extensión relativamente pequeña, con salida al mar, accesible, con una comunidad residente y unos procesos de deterioro ambiental que se repiten en territorios similares de la provincia y el país, ofrece condiciones muy adecuadas para el estudio de las relaciones causa-efecto de estos procesos, a fin de aportar conocimientos indispensables para poder recuperar la funcionalidad de este tipo de ecosistemas, aumentar la productividad de la tierra y mejorar la calidad de vida de la población local. El **problema científico** abordado es el evidente deterioro del paisaje como consecuencia de los impactos de la actividad antrópica, con una repercusión negativa en la productividad del territorio y la calidad de vida de la población local. Como **hipótesis principal** de la investigación se ha considerado que los procesos de deterioro de los recursos componentes del paisaje guardan relación con el uso desordenado de los mismos a través del tiempo. Además, en cada capítulo se declaran las hipótesis parciales que guiaron el proceso de investigación bajo el siguiente **presupuesto**:

El aprovechamiento de los resultados de la investigación científica sobre el tema a escala local, nacional e internacional, la aplicación de las nuevas concepciones y principios que rigen el desarrollo sostenible, la promoción de la intervención consciente de los actores sociales y la incorporación en lo posible de los avances científicos y tecnológicos en materia de gestión de cuencas, desde un procedimiento metodológico fundamentado en la integración y la integralidad, permitirá encontrar formas de armonizar los procesos naturales y antropogénicos y generar sinergias entre las distintas actividades de uso de recursos en la cuenca de referencia, a partir de la participación comunitaria y la corresponsabilidad institucional, en función del restablecimiento de la funcionalidad de los ecosistemas, el aumento de la productividad del territorio y el mejoramiento de la calidad de vida de la población local.

El **objeto** de estudio ha sido la cuenca del río Yaguanabo en su contexto antroponatural. El **campo** de acción ha sido el uso y la transformación de los recursos del paisaje.

El **objetivo general** de esta investigación ha estado en conocer las causas del deterioro del paisaje en la cuenca Yaguanabo y elucidar los aspectos que se han de tener en cuenta para restablecer la funcionalidad ecológica, aumentar la productividad del territorio y mejorar la calidad de vida de la población local. Los **objetivos específicos** han sido los siguientes:

1. Establecer las relaciones entre los usos de suelo y los procesos de degradación de este recurso en el territorio de la cuenca estudiada.
2. Establecer las relaciones entre las características cuantitativas y cualitativas del régimen de lluvia frente a las transformaciones del paisaje ocurridas en el tiempo y la calidad del agua del río Yaguanabo.
3. Conocer la relación del status actual de la vegetación con los procesos de deterioro ambiental ocurridos.

4. Conocer el efecto de los cambios a nivel de Paisaje sobre el curso del desarrollo socioeconómico local hasta la situación actual.
5. Conocer los niveles de comprensión de la población local respecto a los cambios ambientales ocurridos.

CAPÍTULO II. LOS SUELOS EN LA CUENCA DEL RÍO YAGUANABO. PROBLEMAS Y PERSPECTIVAS

II.1. Introducción

En la actualidad más de 306 millones de hectáreas de tierras están siendo afectadas en los países de América Latina y el Caribe por la degradación del suelo de origen antrópico (MINAG y CITMA 2000). En Cuba está afectado por la desertificación un 14% del territorio nacional, lo que significa unas 1 580 996 hectáreas distribuidas en 24 subzonas edafoclimáticas ubicadas generalmente cerca de las costas. La degradación de los suelos, como resultado histórico del mal uso y manejo de las tierras por el hombre, es la causa fundamental de la desertificación (CITMA 2000).

El Primer Informe Nacional de Desertificación y Sequía en Cuba (CITMA 2000) y el Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación de Suelos (MINAG y CITMA 2000) refieren, entre los problemas más graves que enfrenta la agricultura cubana que comprometen el futuro del país, la degradación de los suelos y el no prestar la debida atención a los procesos que la ocasionan. Estos documentos exponen que en el manejo de los recursos naturales es de gran actualidad considerar la cuenca hidrográfica como unidad básica funcional y ámbito de aplicación de los programas y planes de manejo integral de los recursos naturales.

La cuenca como unidad de manejo constituye el concepto más integrador para el uso y administración sostenible de los recursos allí existentes, así como para la adopción y aplicación de las decisiones políticas, económicas, sociales y ambientales básicas para el desarrollo sostenible (CITMA 2000).

En Cuba la Ley 81 de Medio Ambiente recoge en su artículo 110 que *“La gestión ambiental en las cuencas hidrográficas se realizará de conformidad con la legislación vigente y se basará en un manejo integral que asegure que las actividades económicas y sociales se efectúen a partir de una adecuada protección y uso racional de los recursos naturales y el medio ambiente.”*

La propia Ley, en su artículo 111, plantea: *“Corresponde al Consejo Nacional de Cuencas Hidrográficas, en coordinación con los órganos y organismos correspondientes, realizar las acciones que permitan integrar y armonizar con los principios y objetivos de la presente Ley, la actividad de todas las personas naturales o jurídicas que intervienen en una cuenca dada.”*

En la Provincia de Cienfuegos la zona montañosa está enmarcada dentro de la Sierra del Escambray perteneciente al grupo Guamuahaya. El área de estudio se ubica en la porción sur occidental de la provincia y abarca toda la cuenca del

río Yaguanabo. Su uso actual es predominantemente ganadero, bajo la administración de la granja pecuaria “Camilo Cienfuegos”, perteneciente a la Empresa Pecuaria “La Sierrita”; además, existen pequeñas áreas dedicadas al autoabastecimiento de la población y al cultivo de café, administradas por la Empresa Municipal Agropecuaria (EMA) “Cumanayagua”.

La producción ganadera vista como proceso biológico es influenciada por el medio ambiente, a la vez que este es influenciado por aquella. Según lo planteado en la Guía de Protección Ambiental (PNUD, 1995), los daños persistentes en los ecosistemas solo se presentan si se ha deteriorado la capacidad de generación de la vegetación, debido a las diferencias existentes entre las asociaciones vegetales y a la diversa capacidad de regeneración de las distintas especies. En los sistemas de pastoreo la producción animal es la actividad predominante, por lo que resultan difíciles las medidas de protección ambiental en áreas de pastos pobres y en especial cuando se trata de ganadería extensiva.

Un manejo poco adecuado de la actividad dentro de la cuenca y la inexistencia de un esquema efectivo de protección, bajo la influencia de elementos naturales como el relieve y el clima, originan condiciones favorables para las modificaciones en el medio ambiente. Por ello, se hace necesario tomar medidas que garanticen trazar una correcta protección ambiental en la zona de estudio.

Un análisis exhaustivo de la cuenca del río Yaguanabo, ubicado al Sur Este de la provincia de Cienfuegos, con el objetivo de establecer un esquema para el uso sostenible de los suelos en la cuenca permitió identificar la ocurrencia de procesos erosivos elevados en toda el área estudiada, asociados fundamentalmente a un mal manejo de las prácticas agropecuarias en una topografía altamente diseccionada con pronunciadas pendientes. El empleo de diferentes métodos morfométricos, cuantitativos y teóricos para medir los procesos erosivos y la evaluación del impacto de estos en los suelos de la cuenca, son puestos de manifiesto en este trabajo, atendiendo a las siguientes hipótesis alternativas:

1. El impacto negativo del mal manejo del ganado y la cobertura vegetal en atención a las características del relieve ha conducido a procesos de degradación de los suelos que requieren ser detenidos mediante el reordenamiento de los usos.
2. No existen impactos significativos en el suelo, por lo que no se requiere un reordenamiento de los usos, bastando con el establecimiento de un esquema y líneas estratégicas para evitar el deterioro del recurso.

II.2. Materiales y Métodos

II.2.1. Descripción del área de investigación

La Cuenca del río Yaguanabo (anexo 1), con una extensión territorial de 42,6 Km² y un escurrimiento medio anual de 22,24 de m³/año, se enmarca entre las coordenadas 225 000 y 235 000 de latitud norte y oeste, limitando al sur con la Cuenca del río San Juan y el mar Caribe y al este con la cuenca del río Hondo. Se localiza al sureste de las alturas de Trinidad pertenecientes al grupo Guamuahaya, caracterizada por la presencia de un típico valle intramontano, bien conformado, de origen tectónico fluvial, con un relieve muy diseccionado donde el río principal corre por la zona central. La red de drenaje pluvial está bien definida (ENPA, 1993).

En la parte Sur de la cuenca se encuentra una llanura muy ondulada entre 0-150m con una vegetación de pastizales y áreas de bosque semicaducifolio degradado. Las pendientes oscilan alrededor del 20%. Las alturas que bordean esta llanura están entre los 250 y 850 msnm, encontrándose hacia la parte Este las cotas más elevadas. Gran parte de las laderas están degradadas por el pastoreo que ha intensificado los procesos erosivos con pérdidas considerables de suelos (ENPA, 1993).

II.2.2. Modelos teóricos y cuantitativos aplicados en el estudio de la erosión

Para evaluar la erosión en el área de estudio se seleccionó un sitio bajo las siguientes consideraciones:

- Que admitiera la demarcación de una parcela relativamente pequeña.
- Pendiente relativamente baja entre 1- 3% pequeña longitud de 180 m
- Tradicionalmente sometido al mismo uso.
- Relativamente poco impactado.
- Que estuviera sobre un suelo con el mayor potencial para diferentes usos y menos factores limitantes desde el punto de vista topográfico.

En este sitio se pueden esperar las menores pérdidas de suelo por erosión dentro del territorio estudiado, de manera que los resultados obtenidos constituyen, ciertamente, un subestimado de las pérdidas de suelo por unidad de área que pueden estar ocurriendo en el resto del área.

Para estimar la pérdida de suelos por unidad de área que ha tenido lugar en la parcela fue aplicado el Método del Cs 137, para lo que fueron contratados los servicios del Laboratorio Radiológico del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos (CEAC), perteneciente al Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). Adicionalmente fueron aplicadas a la misma parcela, los modelos predictivos de la erosión basados en la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE), que ha tenido un amplio uso a partir de la década de 1950 (Pérez, 1989) y el Índice de Fournier que, sin bien este índice presenta grandes

deficiencias, es útil para reflejar la erosividad de las lluvias (Escarré et al. 1997).

Método del Cesio-137

En el sitio anterior, fue demarcada una parcela de 6.47 hectáreas de forma rectangular, procurando que las características de suelo y pendiente fuesen homogéneas en toda su superficie. Para la toma de muestras, la parcela fue dividida en una retícula de 9 puntos equidistantes, de modo que abarcaran la totalidad del largo y el ancho de la misma (0,71 hectáreas entre puntos).

Según la especialista del Laboratorio Radiológico perteneciente al CEAC contratada para la aplicación de este método¹, la técnica que usa al Cesio-137 como radiotrazador para cuantificar la erosión se basa en el comportamiento de este elemento en el suelo, el cual se fija fuertemente a sus partículas y sólo interviene en su remoción, el movimiento físico del suelo. En un suelo virgen, que no haya sido afectado ni por la erosión ni por el depósito, el inventario total de Cesio-137 de un sitio, debe corresponderse con el total de Cesio-137 depositado en el mismo. Estos lugares son denominados Sitios de Referencia y su inventario total de Cesio-137 es reconocido como Inventario de Referencia. Para cuantificar las pérdidas o ganancias de suelo en un sitio determinado, es suficiente establecer el inventario total de Cesio-137 y contrastarlo con el inventario correspondiente a un sitio de referencia establecido lo más cercano posible al lugar de estudio (Sibelló, 2004).

El sitio de referencia escogido se ubica en las coordenadas Y: 229-240, X: 584-600. Aplicando modelos matemáticos es posible cuantificar las pérdidas de suelo.

El suelo representado en la parcela de estudio responde a la fórmula siguiente:

Tipo de Suelo

$$IXA33 \frac{p^3 h^3 e^3}{fx_3 W_4} 33t_6 m_4$$

Se trata de un suelo pardo sin carbonato típico sobre roca ígnea intermedia, saturado > de 75%, medianamente profundo de 20-50cm; medianamente humificado (2-4%); erosión actual mediana (pérdida del horizonte A entre 25-75%; loam arcilloso; mediana gravillosidad (16-50%), moderadamente pedregoso (0.01-0.1%), profundidad efectiva 33cm, alomado (16.1-30.0%), poco montañoso, menos de 200m. La densidad aparente es de 1.35 g/cm³. Estos posibles sitios de referencia poseen el mismo tipo de suelo que el área seleccionada para estudiar la erosión. Según mapa de suelo mapa 1:25 000 Departamento de suelo MING Provincia Cienfuegos año 1995.

Fueron tomadas 10 muestras de suelo con un diámetro de 10 cm e incrementos de la profundidad de 5 cm, hasta completar todo el perfil a muestrear (50 cm), según posible presencia de Cesio-137. Cada muestra fue identificada con una tarjeta con el número del perfil correspondiente y la

¹ M.Sc.s. Ing. Rita Sibelló Hernández. Inv. Agregado. Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos: Síntesis de las Bases de la Técnica del Uso del Cesio-137 para Cuantificar la Erosión.

sección del mismo a que pertenecía. En total fueron colectadas 90 muestras y enviadas al laboratorio.

Aplicación del método de la USLE

Para la aplicación de este método se tuvo en cuenta los criterios de Pérez (1989) y Escarré et al. (1997). La ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) es la siguiente:

$$A = R.K.L.S.C.P,$$

donde:

A: Es la pérdida de suelo en toneladas por ha.

R: Es el índice de erosividad de la lluvia.

K: Es el factor de erodabilidad o erosionabilidad del suelo.

L: Es el factor de longitud de la pendiente que compara las pérdidas de un campo dado con las de una parcela experimental.

S: Es el factor topográfico de la pendiente que compara la pérdida de suelo con la de un campo experimental de pendiente específica.

C: Es el factor de cultivo que compara la pérdida de suelo con la de un campo experimental cultivado en condiciones de barbecho.

P: Es el factor de conservación que compara la pérdida de suelo con la de un campo en el que no se realiza práctica alguna de conservación.

Los valores para las diferentes variables se obtuvieron basados en las tablas presentadas por Pérez (1989) para cada una de ellas en el libro "La erosión del suelo: Causas, efecto y control para las condiciones de Cuba".

Aplicación del Índice de Fournier

Este índice se conoce también como degradación específica o índice de agresividad del clima y se define por una recta de regresión $Y = 6.14.X - 49.78$, cuyas constantes dependen del clima, donde: $X = p^2/P$ (siendo p = precipitación en el mes más lluvioso del año y P la precipitación anual). Su resultado se expresa en tn/km^2 año.

Los datos para la sustitución de las variables de esta ecuación se obtuvieron de las series históricas disponibles del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos de la provincia Cienfuegos².

II.2.3. Métodos morfométricos para la evaluación del relieve

Los métodos morfométricos para la evaluación del relieve constituyen herramientas indispensables para la evaluación práctica de la aptitud y potencialidad de los suelos, así como los procesos que los afectan.

² Datos obtenidos del MScs. Ing. William Orbe, Dpto. Pronósticos. Centro Prov. Meteorológico de Cienfuegos. CITMA.

Disección vertical (Desmembramiento vertical)

El término disección vertical del relieve, significa altura relativa del relieve y aporta elementos interesantes en cuanto a la energía del relieve, permitiendo determinar tipos morfométricos de relieve que constituyen herramientas para la elaboración de mapas de paisajes, el análisis de las relaciones que se establecen entre los procesos naturales y las formas de relieve, su tipificación y características generales (IPF, 1981a).

Para la determinación de este índice se aplica la siguiente ecuación.

$$D.V = H \text{ máx.} - H \text{ mín.},$$

donde:

H máx.= cota máx. De la cuadrícula en metros.

H mín.= cota mínima de la cuadrícula en m

Cuando en la cuadrícula no aparecen curvas de nivel la D.V es cero y si es cortada por una sola curva de nivel, el valor se aproximara lo más posible a los valores más cercanos de otras cuadrículas.

Mediante las vías planteadas se obtienen los valores de disección vertical.

Definiendo los rangos que a continuación se señalan se pueden agrupar estos valores por cuadrículas de disección y evaluarlos con el objetivo de su aplicación en diferentes actividades de uso del suelo, reflejados en los cuadros 1 y 2.

Cuadro 1. Rangos de disección vertical adoptados por el IPF (1981).

Rango (m/km²)	Características.
Menor de 5	Llanura Plana: Desfavorable para las construcciones en caso de llanuras costeras con fuertes fluctuaciones del manto freático. Requieren obras de drenaje para su uso agrícola. Favorable cuando ocupan zonas elevadas en forma de mesetas.
De 6 a 10	Llanura Ondulada: Área óptima para la agricultura y construcciones, ocasionales inundaciones en el rango intermedio entre 2.5 a 5. Ausencia de erosión.
De 11 a 20	Llanura Colinosa: Aceptable para la urbanización y agricultura no inundables, presenta limitaciones debido al aumento de las pendientes.
De 20 a 40	Colinas: Aumentan los procesos erosivos, útil con limitaciones para a la urbanización y agricultura.
De 40 a 60	Premontañas: Se incrementan los procesos erosivos, las construcciones se realizan con muchos costos, la agricultura requiere de técnicas antierosivas.
Mayor de 60	Montañas: No recomendables para las construcciones urbanas, la agricultura se puede desarrollar en mayor o menor medida hasta 200 m/km ² .

Los datos de la evaluación fueron procesados mediante el SIG MapInfo versión 6.5, obteniéndose un plano con una escala de colores correspondientes a los diferentes valores de D.V así como el área correspondiente a cada valor.

Cuadro 2. Rangos de pendientes adoptados por el IPF (1981), para la evaluación de los potenciales naturales de los territorios.

Pendiente (%)	Características
Menor de 0.2	Regularmente pantanosas, desfavorables a la construcción y mayoría de los cultivos.
De 0.2 a 0.5	Prevalecen en menor grado los procesos de inundación. Útiles con fuertes limitaciones a la construcción, requieren drenaje para el uso agrícola. Adecuadas para el cultivo de viandas y vegetales.
De 0.5 a 2	Ocasionales inundaciones, limitaciones para la construcción, generalmente requieren drenaje para el uso agrícola. Recomendables para viandas y vegetales.
De 2 a 5	Rango óptimo para la agricultura y construcciones, no existen riesgos de inundación y no se manifiestan los procesos erosivos. La mecanización es total y el riego puede aplicarse por aspersión y gravedad.
De 5 a 10	Comienzan procesos erosivos de las pendientes, se recomienda el riego por aspersión y la mecanización comienza a dificultarse. Los movimientos de tierra para las construcciones son de mediana a baja intensidad. Rango límite para las construcciones con fines urbanos.
De 10 a 15	Grandes movimientos de tierra, no útiles para construcciones urbanas. Recomendables para instalaciones industriales especiales. Límite para la roturación anual de la tierra, riego por aspersión, dificultades para la mecanización
De 15 a 20	Fuertes problemas erosivos, recomendables para cultivos perennes sin riego y ganadería controlada
De 20 a 25	Cultivos perennes sin riego
Mayor de 25	Uso forestal.

Disección horizontal (Desmembramiento Horizontal)

El termino disección horizontal define un índice erosivo natural que expresa la densidad de drenaje por unidad de área para una región determinada, permitiendo evaluar efectos de las precipitaciones sobre las superficies terrestres. Sus resultados son utilizados como criterios de evaluación de aptitud territorial o potenciales naturales, constituyendo una herramienta para la elaboración de mapas de paisajes (IPF, 1981b).

Para la determinación de este índice se aplica la siguiente ecuación.

$$D_{hr} = L/A$$

donde:

L = longitud de los ríos y líneas de drenaje superficial en (Km.)

A = 1 Km² para cualquier cuadrícula

D_{hr} = Índice de disección horizontal relativo.

Calculando numéricamente estos índices por cuadrículas se obtienen los valores de disección del territorio, los cuales se agrupan en los siguientes rangos significativos para su evaluación, en el Cuadro 3 Disección horizontal relativa y absoluta, y el anexo 2 Disección horizontal, características más significativas.

Cuadro 3. Disección horizontal relativa y absoluta (IPF, 1981b).

DHR (km/km²)	DHA (km)	Características
Menor de 0.3	Mayor de 1.666	Dificultad de drenaje superficial e inundaciones periódicas, generalmente sin uso agrícola y constructivo.
De 0.3 a 1	De 1.666 a 0.5	Áreas no erosionadas con condiciones óptimas para la urbanización y agricultura, adecuado para la tipificación y mecanización de los cultivos.
De 1 a 2	De 0.5 a 0.25	Aceleración de procesos erosivos, disminuye la distancia de los interfluvios. Aumento de los costos en las construcciones, debido al control de las líneas de drenaje.
De 2 a 3	De 0.25 a 0.160	Requieren de grandes técnicas para construir, necesitan un control de las cañadas y ríos con vistas a aminorar la erosión, se dificultan la tipificación de la mayoría de los cultivos y se elevan los costos de la mecanización.
Mayor de 3	Menor de 0.16	La agricultura se realiza en áreas muy erosionadas y no se recomiendan para construcciones urbanas.
Cuando la red de drenaje supera la densidad de 1 km/ km ² y la distancia entre líneas de drenaje es menor de 500 m, comienzan los impedimentos para la actividad constructiva y agrícola.		

Para la elaboración del mapa de disección horizontal se construyó una base de datos para el SIG MapInfo, obteniéndose un plano con una escala de colores según los diferentes valores de Dh, así como el área correspondiente a cada valor.

Mapa de pendientes

Este mapa se elaboró mediante el programa Vertical Map versión 3.0 para MapInfo versión 6.5, haciéndose una zonificación atendiendo a las limitaciones de uso prescritas por el Instituto de Planificación Física de Cuba, según los rangos de pendiente (IPF, 1981c) (Cuadros 4 y 5; anexo 3). Además, se construyó una escala de rangos de pendientes adaptadas a las condiciones de la cuenca estudiada.

Cuadro 4. Rangos de pendientes adoptados por el IPF (1981), para la evaluación de los potenciales naturales de los territorios.

Pendiente (%)	Limitaciones de uso del territorio de acuerdo a la pendiente
Menor de 0.2	Regularmente pantanoso, desfavorable para construcción y mayoría de cultivos.
De 0.2 a 0.5	Prevalcen procesos de inundación en menor grado. Fuertes limitaciones para construcción. Exige drenaje para uso agrícola, adecuado para viandas y vegetales.
De 0.5 a 2	Inundaciones ocasionales, limitaciones para construcción, generalmente requiere drenaje para uso agrícola. Recomendable para viandas y vegetales.
De 2 a 5	Rango óptimo para la agricultura y construcciones, no existen riesgos de inundación y no se manifiestan los procesos erosivos. La mecanización es total y el riego puede aplicarse por aspersión y gravedad.
De 5 a 10	Comienzan procesos erosivos de las pendientes, se recomienda el riego por aspersión y la mecanización comienza a dificultarse. Los movimientos de tierra para las construcciones son de mediana a baja intensidad. Rango límite para las construcciones con fines urbanos.
De 10 a 15	Grandes movimientos de tierra, no útiles para construcciones urbanas. Recomendables para instalaciones industriales especiales. Límite para la roturación anual de la tierra, riego por aspersión, dificultades para la mecanización
De 15 a 20	Fuertes problemas erosivos, recomendables para cultivos perennes sin riego y ganadería controlada
De 20 a 25	Cultivos perennes sin riego
Mayor de 25	Uso forestal.

Cuadro 5. Rangos de pendientes aceptados por el IPF (1981c) en la construcción.

Rango (%)	Limitaciones de uso
Menor de 0.2	Regularmente pantanosas e inundadas
De 2 a 5	Áreas óptimas.
De 10 a 15	Rango útil solo a las construcciones industriales.
Mayor de 15	No recomendables.

Este método morfométrico permitió efectuar la zonificación de las laderas, objetivo básico para la evaluación de la aptitud o potencial natural del territorio, permitiendo a la vez diferenciar las unidades de paisaje.

Con la evaluación de este método se pudieron alcanzar importantes criterios para confeccionar el mapa de propuesta de usos de suelos y la elaboración de la tabla de caracterización y clasificación morfométrica del relieve (anexo 4).

Métodos de la Erosión Potencial

El concepto de erosión potencial que se ha tenido en cuenta para su determinación, considera las tierras donde la combinación de los factores naturales condicionan la posibilidad de que surja una erosión acelerada durante la utilización agropecuaria de las mismas en ausencia de medidas antierosivas (NC 36:1999).

Para la determinación de la erosión potencial se aplicó la Norma Cubana (NC 36:1999) "Calidad del suelo. Método para la determinación de la erosión potencial de los suelos". De acuerdo con esta norma se asumió como "patrones" parcelas con pendiente de 4% que reciben entre 1400 y 1600mm de precipitaciones anuales y han tenido un mismo uso agrícola en los últimos 50 años.

Según la norma citada, la ecuación general de la erosión potencial es la siguiente:

$E_p = SR \cdot R \cdot IP$, donde:

SR=Coeficiente de la influencia erosiva de los suelos y la roca madre

R=Coeficiente de la influencia de la pendiente de la erosión potencial de los suelos.

IP=Valoración de las precipitaciones en diferentes regiones naturales del país.

Los valores de SR fueron seleccionados a partir de la tabla que aparece en la norma (NC 36: 1999), de acuerdo con los suelos presentes en el área de estudio (Cuadro 6).

Cuadro 6. Coeficientes de la influencia erosiva de los suelos y la roca madre.

Tipo de Suelo (2da Clasificación Genética 1976 INS-Cuba)	Clasificación (Grandes Grupos FAO – UNESCO)	SR
Ferralítico Rojo lixiviado III	Ferrosols	0.17
Fersialítico Pardo Rojizo VIII	Luvisols	0.21
Pardo sin carbonato IX	Cambisols	0.29
Rendzina Roja XIII	Rendzinas	0.35
Esquelético Natural XXVIII	Leptosols	0.60

Fuente: Pérez, C. 1989.

El coeficiente de la influencia erosiva de la pendiente en la erosión potencial de los suelos (R) fue tomado de los valores que propone la misma norma, considerando los rangos de pendiente establecidos para el área de estudio, como aparecen en el cuadro siguiente.

Cuadro 7. Coeficientes de la influencia de la pendiente de la erosión potencial de los suelos

Pendiente %	R
0 –10	0.64
10-15	1.04
15 - 25	2.16
>25	2.56

Fuente: Pérez, C. 1989.

Esta agrupación permitió resultados ajustados a las condiciones de pendiente del área de estudio y facilitó el trabajo con el sistema de información MapInfo versión 6.5, consiguiéndose una correlación adecuada en la conversión de grados a porcentajes (%) de pendientes.

Para el coeficiente IP (Influencia erosiva de las precipitaciones en mm) determinado según la norma para la región montañosa de Cuba Central con valores de precipitación entre 1400 y 1600 mm anuales y coincidentes con las series históricas del área de estudio, se asumió un valor de 66 mm.

Con los resultados de la aplicación de la ecuación se obtuvo las pérdidas de suelos con diferentes grados de erosión potencial agrupados por rangos de pendientes y su clasificación.

II.2.4. Análisis de la sedimentación en el último tramo del río Yaguanabo

La observación reiterada por parte del autor y las opiniones de otros especialistas (R. Chamizo³, W. Lamela⁴, I. Figueroa⁵, E. Cruz⁶) confirman la presencia casi permanente de una barra de arena entre el río Yaguanabo y la playa del mismo nombre donde desemboca, observada durante más de 15 años en las diferentes épocas del año. Tal formación es conocida en Cuba como “tibaracón” y aparece en otros ríos que presentan características similares en el sitio de la desembocadura, creando condiciones estuarinas que favorecen la posibilidad de que el río, en su último tramo, acumule sedimentos. La sinuosidad que presenta el río Yaguanabo en los 3 últimos Km. incrementan las expectativas de la acumulación de sedimentos.

Atendiendo a lo anterior se contrató los servicios del Laboratorio Radiológico del Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos, el que designó al M. Scs.

³ Dr. Rubén de J. Chamizo Pérez. Instituto de Investigaciones Forestales. MINAGRI.

⁴ Téc. Protección Wiliam Lamela Lobato. Unidad Prov. Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna. MINAGRI.

⁵ M.Sc. Iván Figueroa Reyes. Especialista en Evaluación de Impacto Ambiental. CITMA.

⁶ M.Sc. Elio Cruz Olivares. Especialista en Evaluación de Impacto Ambiental. ENIA 9. MICONS.

Misael Díaz Asencio⁷ para efectuar el estudio de sedimentación en este tramo del río. Posteriormente se realizó un Taller de trabajo con participación de los especialistas arriba citados, el M. Scs. Misael Díaz Asencio y el propio autor, para realizar el análisis de los resultados del referido estudio.

Metodología para el muestreo de sedimentos

Selección del área de estudio.

Se efectuó una observación de campo en los últimos 3,5 Km. del cauce inferior del río, evaluando sus características físico geográficas, la sinuosidad y dentro de ellas, las áreas de acumulación y sedimentación, determinándose que los últimos 2000 m hacia la desembocadura, reunían las mejores condiciones para el muestreo. La segunda acción consistió en realizar un sondeo con una varilla metálica a todo lo largo y ancho del área seleccionada, para medir los espesores de sedimento y los puntos de muestreo.

Método de muestreo.

Se tomaron muestras de sedimentos en 7 estaciones, mediante buceo autónomo, seleccionándose 4 puntos para la determinación de los perfiles de sedimento, que alcanzaron una profundidad entre 25 y 35 cm con corer de 5 cm de profundidad. Las muestras se seccionaron a 5 cm en todos los casos embalándose en bolsas de polietileno para su conservación a una temperatura de aproximadamente de 4 °C hasta el momento de su tratamiento.

Método de ensayo.

A todas las muestras se le determinó el% de agua, la granulometría y la presencia de emisores gamma (^{137}Cs , ^{210}Pb , ^{226}Ra), empleándose el equipo HPGe "Cambera". Además, se realizaron evaluaciones organolépticas "in situ" del olor y color de los sedimentos. Para las determinaciones de las velocidades de sedimentación se utilizó la técnica de datación para analizar las distribuciones de ^{137}Cs , ^{210}Pb y ^{226}Ra en perfiles de sedimentación (Krishnaswami et al., 1971 ; Appleby et al. 1998), aplicándose dos modelos de datación deferentes: CIC (Constant Initial Concentrations) y CRS (Constant Rate Supply).

II.3. Resultados y Discusión

II.3.1. Evaluación de los efectos del uso ganadero sobre el suelo en atención a las condiciones de relieve y precipitaciones en la cuenca del río Yaguanabo

Para alcanzar el objetivo que arriba se refiere fueron utilizados los métodos morfométricos para la evaluación de la vulnerabilidad de los suelos, la determinación de la erosión potencial y otros modelos teóricos y cuantitativos

⁷ M.Sc. A. Misael, Especialista Principal Área Radiológica. Centro de Estudios Ambientales. CITMA.

que han tenido un uso frecuentes, además, se incluyó el método de evaluación de la erosión potencial por ser vinculante y complementario, permitiendo una visión más holística de la problemática a analizar, especialmente en la evaluación de la vulnerabilidad y los usos de los suelos en la actividad agropecuaria. Los métodos empleados para la cuantificación y/o estimación de la erosión fueron los del Cesio-137, la USLE y el índice de Fournier.

Estos métodos contribuyen al análisis espacial de los territorios con especial énfasis en el ordenamiento y gestión de espacios naturales y aportan las bases para la delimitación y regionalización de unidades de paisajes, así como criterios para la evaluación de los territorios desde el punto de vista de su vulnerabilidad y potencial para las propuestas de usos del suelo.

Método de la Disección Horizontal

A partir de la fórmula presentada en el capítulo de materiales y métodos, se construyó el mapa de Disección Horizontal (DH), (anexo 5). Un análisis del mismo nos permitió arribar a la siguiente interpretación.

Se obtuvo que el 85.31 % del área de la cuenca tiene una densidad de drenaje de 4 Km. / Km², mientras que los otros dos rangos obtenidos también exhiben valores altos, con el 14.30% del área con densidad de drenaje entre 3 - 4Km. /km² y el restante el 1.14% con densidades entre 2-3 Km. / Km. ². Esto surge una clasificación de relieve desde altamente diseccionado hasta intensamente diseccionado con erosión fluvial intensa.

Solo una pequeña área al Norte y Centro de la cuenca presenta valores entre 2 y 3 Km. / km² que representan solo el 1.14% de la cuenca, mientras que los valores entre 3 y 4 Km. / km² se concentran al Norte y Centro Oeste de la cuenca representando el 14. 30% del área total de la cuenca. Por su parte el 85. 31% presenta una disección por encima de 4 Km. / km², ocupando toda la porción Sur, Centro y Noreste de la Cuenca. Observados en el anexo 5.

Como se observa, los resultados que aportan este último valor, indican que en un 1 Km. ² de terreno existen 4 Km. de red de drenaje superficial, lo que evidencia el alto potencial erosivo que presenta esta cuenca.

Disección vertical

Al igual que para la DH, a partir de la fórmula presentada en el capítulo de materiales y métodos, se construyó el mapa de Disección Vertical (DV) (anexo 6).

Este método aportó que el 80.51% del total del área de la cuenca posee una disección vertical mayor a 100 m / km², mientras que el 9.90% de la misma se encuentra entre 60 y 100 m / km² y los restantes 10.72% se encuentran en el rango de 20 a 60 m / km² esto significa que el 90.41% del relieve de la cuenca clasifica como montañoso y el resto desde colinas hasta montañas por lo que se potencian los procesos erosivos desde muy intensos hasta fenómenos gravitacionales.

Los valores más bajos (20 – 60 m / Km² y algunos hasta 90 m/ Km²) coinciden con el valle de la cuenca, ubicada al centro oeste de la misma y solo una pequeña parte coincide con la parte inferior de la cuenca, ubicada al Sur Oeste de esta, cercano a la desembocadura del río.

La pendiente

A partir del mapa de pendiente, (anexo 7), obtenido por la aplicación del método descrito en este capítulo, se puede llegar a la siguiente valoración.

En la cuenca Yaguanabo en atención a las características de su relieve, la distribución espacial de las pendientes, presentan una amplia diversificación, por lo que para su representación cartográfica es necesario agruparlas por rangos, acorde al objeto de estudio en cuestión.

En la cuenca predominan las pendientes mayores de 25 ° con un área total de 1954.24 ha que representan el 36.53% seguida de las áreas con pendientes entre 15 y 25 ° que representan el 24.47% del área de la cuenca siguiendo con el 12.00% las pendientes entre 10 y 5 ° y solamente se localiza 11.29% de áreas con pendientes entre 0 y 5 °.

Estos resultados aportan serias dificultades para el uso agropecuario del área estudio pues a partir de los 12 grados de pendiente aproximadamente (20%) se plantea el límite para la ganadería. Según metodología de proyectos de IPF 1981.

Mientras que a partir del 15% de pendiente se plantea el límite de roturado anual de la tierra, mecanización y riego. A su vez los valores por encima del 25% de pendiente se incrementan los valores erosivos haciéndose intensa la erosión por lo que su uso estará seriamente limitado.

Un resultado integrado de estos tres métodos (DH, DV, Pendiente) se presenta en el anexo 4. Esta tabla agrupa todos los métodos y los diferentes rangos trabajados, permitiendo una caracterización y evaluación para el uso del suelo de manera sintética.

Método de la erosión potencial

Con las resultantes de la aplicación de la ecuación de la erosión potencial se obtuvo las pérdidas de suelos con diferentes grados de erosión potencial agrupados por rangos de pendientes y su clasificación. Se considera que este método, unido a los morfométricos estudiados, arroja resultados interesantes al existir una marcada coincidencia entre las áreas con diferentes niveles de erosión potencial y los resultados de los métodos morfométricos, complementándose entre sí. Este es un procedimiento rápido susceptible de ser empleado como instrumento para una primera aproximación a la planificación territorial y el ordenamiento ambiental.

Cuadro 8. Límite de las pendientes de los suelos con diferentes grados de erosión potencial en centímetros.

Tipo de suelo*	Clasificación**	Grado de Erosión y Color en el Mapa			
		Ligera (Amarillo)	Moderada (Naranja)	Alta (Rosado)	Muy Alta (Rojo)
Ferralítico Rojo Lixiviado III	Ferrosols	<=10	11	23 - 37	>= 37
Fersialítico Pardo Rojizo VIII	Luvisols	<= 8	9 - 18	19 - 31	>= 32
Pardo sin Carbonato IX	Cambisols	<= 7	8 - 15	16 - 24	>= 25
Rendzina Roja XIII	Rendzinas	<= 6	7 - 14	15 - 23	>= 23
Esquelético XXVIII	Leptosoles	<= 5	6 - 15	16 - 24	>= 24

*Segunda Clasificación Genética 1976 Instituto Nacional de Suelos. Cuba

**Grandes grupos FAO-UNESCO

El cuadro anterior constituye la herramienta base para la confección del mapa de erosión potencial y se obtiene de los resultados alcanzados a partir del procedimiento explicado en materiales y métodos y adecuada a los suelos específicos representados en el área de estudio y la propuesta que brinda la NC 36/99.

Cuadro 9 Suelos afectados por los diferentes niveles de erosión potencial y % que representa según grupos suelo.

Tipo de suelo*	Clasificación**	Ligera	%	Moderada	%	Alta	%	Muy Alta	%
Ferralítico Rojo Lixiviado (III)	Ferrosols	86 6317	1.98	34 1958	0.78	544009	1.24	-	
Fersialítico Pardo Rojizo V(III)	Luvisols	-		825 837	18.9	840 685	19.26	93 2361	2.14
Pardo sin Carbonato (IX)	Cambisols	-		236 856	54.3	16 2263	0.37	454215	1.04
Rendzina Roja (XIII)	Rendzinas	-		-		50 8485	1.17	325 2549	7.45
Esquelético (XXVIII)	Leptosoles							1753 9076	40.19
Total		866317	2.0	1096.8	25.1	962 160	22.1	2217.82	50.8

*Segunda Clasificación Genética 1976 Instituto Nacional de Suelos. Cuba

**Grandes grupos FAO-UNESCO

El cuadro muestra que el 73.3% de los suelos del área estudiada tiene una erosión potencial muy alta a alta, el 25.3% la erosión potencial es moderada y solo el 1.98% del área tiene erosión ligera. Coincidiendo los mayores valores de erosión potencial con los rangos más altos de pendiente, DV y DH lo que demuestra la marcada incidencia de estos factores del relieve en la vulnerabilidad de los suelos bajo estas condiciones.

Cuadro 10. Área y porcentaje (%) representado en la Cuenca por grupo de suelo.

Suelo*	Clasificación**	Área que ocupa	%
Ferralítico Rojo Lixiviado (III)	Ferrosols	2274.02	52.1
Fersialítico Pardo Rojizo (VIII)	Luvisols	920.13	21.0
Pardo sin carbonato (IX)	Cambisols	362.06	8.29
Rendzina Roja (XIII)	Rendzinas	286.94	6.57
Esquelético Natural (XXVIII)	Leptosoles	522.96	11.98

*Segunda Clasificación Genética 1976 Instituto Nacional de Suelos. Cuba.

**Grandes grupos FAO-UNESCO.

Como se aprecia en el cuadro que antecede y en el mapa de representación de los suelos anexo 8. El suelo de mayor valor agroproductivo (Ferrosols), representado en la cuenca con el 52,1% es el de menor erosión potencial coincidente con ser el de mejor calidad, aunque limitado en menor grado por los factores topográficos no deja de tener representación en las diferentes categorías de erosión potencial por tanto se evalúa con alta vulnerabilidad.

Análisis del mapa de erosión potencial.

En el anexo 9 se presenta el mapa de erosión potencial resultante de la aplicación de la fórmula correspondiente (NC 36, 1999), en el que se aprecia la distribución de los tipos de erosión presentes en la cuenca. En la Cuadro 11, asociada a este mapa, se refleja la cuantificación de áreas vulnerables por niveles de erosión potencial, así como el porcentaje que representa, en ella se puede constatar la alta vulnerabilidad de los suelos localizados presentes en el área de estudio donde el 72.82% del área está categorizada como de vulnerabilidad entre alta y muy alta.

Cuadro 11. Áreas afectadas según tipo de erosión.

Erosión Potencial	Área	%
Erosión ligera	86 6317	1.98
Erosión moderada	1096. 80	25.1
Erosión Alta	962.16	22.0
Erosión muy alta	2217.82	50.82

El análisis de estos valores evidencia claramente los distintos niveles de potencialidad erosiva a que se encuentran sometidos los diferentes suelos de la cuenca, lo que requiere de una propuesta de actuación inmediata para detener y revertir estos procesos.

II.3.2. Modelos teóricos y cuantitativos para cuantificar la erosión de los suelos y/o predecir la misma.

La aplicación de estos modelos constituye un instrumento de comprobación y potenciación de los resultados alcanzados por los métodos descritos anteriormente.

Aplicación del Método del Cs₁₃₇

En el siguiente Cuadro 12, se reporta la redistribución de suelo en la parcela estudiada en%, con respecto al Inventario Total de Referencia, el signo positivo (+) significa depósito de suelo y el signo negativo (-) erosión de suelo.

Cuadro 12. Redistribución de suelo en la parcela estudiada y cuantificación de la erosión utilizando diferentes modelos matemáticos.

Punto de Muestreo	Actividad Total de Cs-137 (Bq/kg)	Inventario Total de Cs-137 [Bq/m ²]	Redistribución de Suelo X[%]	Pérdida de suelo [t/ha.año]	
				Modelo Proporcional	Balance de Masa Simplificado
1	20.17	1456.80	+25.46	20.13	29.70
2	8.04	521.22	-55.11		
3	7.54	592.46	-48.98		
4	13.7	1017.66	-12.36		
5	5.57	364.49	-68.60		
6	14.1	1089.01	-6.21		
7	6.19	433.28	-62.68		
8	19.54	1311.65	+12.96		
9	4.32	547.11	-52.88		
Valor Medio	11.02	814.85		24.91±6.77	

Fuente: Sibelló (2004).

Con la aplicación de la tecnología nuclear fue suficiente un muestreo de suelo para determinar la erosión en la parcela de estudio. Siguiendo la estrategia prevista para este fin, fueron hechas las correspondientes mediciones espectrométricas para la determinación de los inventarios de Cesio-137 en los perfiles de suelo colectados y finalmente la aplicación adecuada de los modelos matemáticos para la cuantificación de las pérdidas de suelo que resultaron de 24.91 ± 6.77 t/ ha año en la parcela.

Ecuación universal del suelo (USLE)

Al efectuar las sustituciones de valores correspondientes en la fórmula se obtuvo un valor de 5.19 Ton / ha / año, lo que según Escarré et al. (1997) se encuentra dentro de la tasa máxima de tolerable y según Pérez (1989) se puede considerar como baja.

La aplicación de esta ecuación, a los efectos de un estudio regional de una cuenca de montaña, es muy compleja por la variabilidad que tendría cada factor. La pendiente (%) y su longitud, los usos y los tipos de suelo varían considerablemente a lo largo y ancho del área de la cuenca, por lo que para la aplicación de la USLE a todo el territorio es conveniente el empleo de un SIG, para lo que es necesario montar una base de datos en soporte digital. El empleo de la USLE es algo a lo que no se debe renunciar dada la integralidad que le confieren las variables que incluye.

Índice de Fournier, degradación específica o índice de agresividad del clima

El resultado de su aplicación fue un valor de 11.4 Ton / ha / año.

Como consideración general, el valor obtenido resulta relativamente bajo de acuerdo con la clasificación de tolerancia de pérdidas de suelo referida por Pérez (1989) para las características de este ecosistema y los suelos que presenta.

Este índice permitió realizar una estimación global de la pérdida del suelo para toda la cuenca. Pero presenta la limitante de no tener en cuenta los factores geomorfológicos (pendiente, longitud), la cobertura vegetal, los tipos de suelo y otros que, para el caso analizado, pueden ser importantes.

Comparación de los diferentes modelos usados para estimar y/o cuantificar la erosión

En la Cuadro 13 se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de los modelos empleados en el presente trabajo.

Cuadro 13. Resultados comparados de los tres métodos empleados.

MÉTODO EMPLEADO	RESULTADO (Tm/ha/año)
Cs ₁₃₇	24.91 ± 6.77
USLE	5.19
Fournier:	11.04

Es evidente que se presentan diferencias considerables entre los resultados de estos métodos. El método de Fournier muestra un valor intermedio, mientras que los métodos del Cs₁₃₇ y la USLE ofrecen resultados extremos, aunque aparecen como los más integrales desde el punto de vista de su contenido y alcance. Si bien el método del Cs₁₃₇ puede medir la erosión fácilmente por la presencia de este radio trazador, el resultado refleja la pérdida media de suelo de toda la parcela para un período superior a 40 años, en el que pueden ocurrir diferentes intervenciones del hombre, así como diversos eventos naturales no controlados. El resultado no puede acotarse a un período deseado como en el caso de la USLE, lo que impide la comparación de ambos métodos en cuanto a su eficacia y descarta también la comparación de sus resultados en cuanto a la pérdida de suelo estimada.

Además, el método del Cesio-137 resulta mucho menos económico que los otros empleados, al punto que se ha descartado para el estudio integral de la cuenca. Sin embargo, puede justificarse para evaluar algunas parcelas experimentales en las que se apliquen diferentes medidas de conservación y contrastar los resultados. Señalamos además la significativa diferencia en el margen de error que presenta

El método de Fournier no es recomendable para realizar estudios integrales por no considerar importantes variables estrechamente relacionadas con los procesos erosivos.

El método de la USLE, siendo un procedimiento económico, tiene en cuenta las principales variables que intervienen en los procesos erosivos y se cuenta ya con los datos resultantes del estudio de parcelas patrones en las condiciones de Cuba que permiten su aplicación en el territorio objeto de estudio. El hecho de que el valor que ofrece para la parcela seleccionada sea inferior al obtenido por el método del Cesio-137 sugiere que, aún cuando las pérdidas de suelo

son elevadas, constituyen un subestimado, lo que significa que el peligro de erosión a que está sometida la cuenca es muy alto.

II.3.3. Impactos del uso de la tierra en el recurso suelo de la cuenca Yaguanabo

La revisión del documento elaborado por la ENPA (1993) “Plan de Manejo para la Propuesta de Área Protegida Valla de Yaguanabo” y la documentación correspondiente al inventario y diagnóstico que se realizó en la cuenca Yaguanabo para la elaboración del “Programa Nacional de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía en la República de Cuba” (CITMA, 2000), así como la participación del propio autor en los trabajos de campo que dieron origen a estos documentos, permitió identificar los principales impactos negativos del uso de la tierra en el recurso suelo de esta cuenca. Durante los trabajos de campo de la presente investigación se pudo comprobar la permanencia y aún el reforzamiento de estos impactos que han dado lugar a una transformación sustancial y negativa del territorio, a saber:

- Procesos erosivos generalizados en los suelos de la cuenca.
- Pérdida de biodiversidad por la disminución de los bosques y la vegetación natural y el incremento de especies invasoras.
- Pérdida de la calidad del agua por contaminación.
- Disminución de la agroproduktividad dada por la pérdida de suelos y fertilidad.
- Disminución de la capacidad de generación de energía eléctrica por azolvamiento del embalse y empobrecimiento del caudal.
- Empobrecimiento de la calidad del paisaje por la deforestación y los procesos erosivos.
- Compactación de los suelos por sobre pastoreo.
- Disminución de la capacidad de sustentación del territorio para la fauna silvestre debida al empobrecimiento de la base alimentaria y la transformación de la cobertura vegetal.
- Disminución de la calidad de vida de la población residente derivada de los efectos anteriores.

Según el análisis realizado, estos impactos se derivan esencialmente de causas relacionadas con los usos de la tierra y las actividades inherentes a la población humana que conducen a la transformación física de los componentes del paisaje, principalmente:

- Conversión de áreas boscosas para otros uso, principalmente para la ganadería.
- Ausencia de medidas de conservación de los suelos.
- Pastoreo desordenado en toda la cuenca con áreas de sobre pastoreo.
- Cultivos migratorios diseminados en las laderas.

- Tala desordenada e irracional que incluye a todas las fajas hidrorreguladoras.
- Quemadas sin control en áreas de potreros para renovación de pastos y en áreas boscosas para el fomento de cultivos.
- Diferentes fuentes contaminantes de las aguas superficiales.
- Introducción y diseminación de especies invasoras.

Sin embargo, es conveniente analizar otras causas que favorecen esas transformaciones negativas: las de origen económico, las que tienen relación con las necesidades sociales y las que dependen de la actuación institucional.

Causas de origen económico:

- La necesidad de mejorar el balance costo – beneficio en los procesos productivos que se desarrollan en el medio agrícola o natural, la que está muy estrechamente vinculada a una visión cortoplacista de estos procesos.
- La imposición de decisiones sin basamentos científico-técnicos respecto al uso de suelos y a los niveles de producción alcanzables.
- Las dificultades de financiamiento existentes que conllevan a descartar las necesidades de la conservación y restauración de ecosistemas.

Causas que tienen relación con las necesidades sociales, incrementadas a partir de los inicios de la década de 1990:

- La carencia de fuentes de energía que obliga a la población rural al empleo de leña y carbón vegetal, factor que tiene un efecto progresivo sobre la cobertura boscosa.
- Las necesidades alimentarias conllevan un aumento de los cultivos migratorios en laderas, talas, quemadas y búsqueda de los parches de suelos fértiles que, una vez usados, quedan abandonados (minado de la tierra).
- Las necesidades de incremento de la renta familiar conllevan la búsqueda de alternativas de producción y comercialización, a menudo ilegal, a partir de los recursos naturales.

Causas que dependen de la actuación institucional.

- Violación o ausencia de regulaciones para minimizar los impactos negativos que generan los procesos productivos al medio.
- Ejecución de proyectos, obras o acciones no sometidas al proceso de evaluación de impacto ambiental, desconociendo la legislación ambiental vigente.
- Ineficiencia en los organismos reguladores institucionalizados para orientar y fiscalizar los usos y el aprovechamiento de los recursos naturales.
- Falta de programas ambientales en los organismos productivos involucrados.

- Insuficiente información, divulgación, educación y capacitación en materia ambiental en las entidades económicas y sociales y en la población rural vinculada a la cuenca.
- Una política de desarrollo ganadero desvinculada de los problemas ambientales que presenta la cuenca.
- Incomprensión generalizada por parte de los usufructuarios de los recursos de esta cuenca, entre los que se incluyen las empresas productoras pertenecientes al MINAGRI, las entidades políticas y sociales y la propia población, respecto a la necesidad de conservar los recursos naturales, lo que genera una actitud de indolencia en su comportamiento.

Causas relacionadas con el manejo de la tecnología....

- Mal manejo de los suelos en laderas, dado principalmente por el desconocimiento de los principios esenciales de agroforestería y silvopastoreo.
- Violaciones de la disciplina tecnológica en el manejo del ganado y los cultivos.
- Desconocimiento y desuso total de las técnicas de rectificación de cárcavas y control de la erosión.
- Carencia de un plan o programa de ordenamiento territorial contentivo de una visión holística en el tratamiento de los problemas ambientales de la cuenca.
- Desconocimiento del sistema nacional de extensionismo agropecuario y forestal.
- Desarraigo de las tecnologías tradicionales y conocimientos locales.

II.3.4. Identificación de las áreas de mayor vulnerabilidad

A partir de los mapas de disección horizontal (anexo 5), disección vertical (anexo 6) y pendiente (anexo 7), la caracterización y evaluación morfométrica del relieve (anexo 4) y el mapa de erosión potencial (anexo 9), se construyó el mapa de vulnerabilidad (anexo 10), en el que se demuestra que toda la cuenca es vulnerable, aunque en mayor medida aquellas áreas vinculadas a las mayores pendientes y disecciones horizontales y verticales, en atención a la estabilidad que presenta cada tipo de suelo.

El mapa de vulnerabilidad (anexo 10), resultante de la superposición de los mapas de DV, DH, Pendiente y erosión Potencial, combinando los diferentes factores limitantes desde la óptica del relieve, y la erosión potencial aporta los siguientes resultados:

El 54.56% del área total es muy vulnerable, la alta vulnerabilidad alcanza el 5.60% y la vulnerabilidad medianamente alta, el 6.56, lo que suma un 66.72%. Esto significa que más de las 2 terceras partes de la cuenca presenta severos problemas para el uso potencial.

II.3.5. Soporte jurídico y normativo vigente para el uso de los recursos naturales vinculados al uso y conservación de los suelos

A pesar de los problemas detectados en la cuenca objeto de estudio, existe un extenso soporte normativo para el uso conservativo del suelo, lo que queda evidenciado en el compendio de la legislación básica y las normas técnicas vigentes que se presenta a continuación.

Constitución de la República de Cuba (Ministerio de Justicia 1992).

ARTÍCULO 27 El estado protege al medio ambiente y los recursos naturales del país. Reconoce su estrecha vinculación con el desarrollo económico y social sostenible para hacer más racional la vida humana y asegurar la supervivencia, el bienestar y la seguridad de las generaciones actuales y futuras.

Ley 81 Del Medio Ambiente (Ministerio de Justicia 1997a).

ARTÍCULO 15.- Corresponde a los Órganos Locales del Poder Popular, en sus instancias respectivas, dirigir, coordinar y controlar en lo que a ellos compete y conforme a la legislación vigente, las acciones en materia de:

c) Uso del suelo, forestación, reforestación, vías de circulación, construcciones, servicios públicos y saneamiento.

ARTÍCULO 31.- El Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, en coordinación con los órganos y organismos competentes, podrá someter a evaluaciones de impacto ambiental los planes o políticas de desarrollo urbano o industrial, de manejo forestal, hídricas, de desarrollo turístico, minero, pesquero y de manejo del suelo. Este proceso de evaluación no requiere del otorgamiento de una licencia ambiental.

ARTÍCULO 106.- Las personas naturales o jurídicas que tienen a su cargo el uso o explotación de los suelos se ajustarán a las disposiciones siguientes:

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

b) Adoptar las medidas que correspondan, tendientes a evitar y corregir las acciones que favorezcan la erosión, salinización y otras formas de degradación o modificación de sus características topográficas y geomorfológicas.

c) Colaborar con las autoridades competentes en su conservación y manejo adecuados.

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

e) Realizar acciones de regeneración de suelos en el desarrollo de las actividades que puedan, directa o indirectamente, provocar daños ambientales.

f) Cumplir las demás disposiciones establecidas en la legislación básica de suelos del país y otras que a su amparo dicten los organismos competentes.

ARTÍCULO 107.- Las disposiciones establecidas en el artículo anterior, serán de ineludible cumplimiento, sin perjuicio de otras que pueden establecerse con carácter particular en:

- e) El ordenamiento territorial.
- f) La gestión en las cuencas hidrográficas.
- h) Las excavaciones y todas aquellas actividades que alteren el suelo y el subsuelo.

ARTICULO 109.- Corresponde al Ministerio de la Agricultura dirigir y controlar la aplicación de las disposiciones relativas a la administración, conservación y mejoramiento de los suelos agrícolas y forestales y controlar su cumplimiento, en coordinación con el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, el Ministerio de la Industria Básica, el Ministerio del Azúcar y demás órganos y organismos competentes.

ARTICULO 132.- Para garantizar la adecuada alimentación de la población y la exportación de productos agrícolas, preservando y mejorando la capacidad productiva futura de estos recursos, su producción se efectuará de forma sostenible, basándose en las disposiciones siguientes:

- a) El desarrollo de sistemas integrales de gestión de los ecosistemas cultivados, lo cual incluye el manejo de los suelos, de la diversidad biológica, en particular de la diversidad productiva, las aguas, los nutrientes y su reciclaje, las plagas y enfermedades y el establecimiento de una política adecuada de variedades.
- c) La preparación de los suelos conforme a criterios ambientalmente adecuados, propiciando el empleo de técnicas que eviten o disminuyan el desarrollo de procesos degradantes.
- g) EL establecimiento de mecanismos de regulación económica que estimulen la conservación de la diversidad biológica y el empleo de prácticas agrícolas favorables al medio ambiente y que tiendan a evitar el uso inadecuado de los suelos y demás recursos naturales y el empleo irracional de agroquímicos.

Ley No. 76 Ley de Minas (Ministerio de Justicia 1994).

ARTÍCULO 41. Establece obligaciones de preservar adecuadamente el medio ambiente y las condiciones – ecológicas del área objeto de la concesión, elaborando estudios de impactos ambiental y planes para prevenir, mitigar, controlar, rehabilitar y compensar dicho impacto derivado de sus actividades; tanto en dicha área como en las áreas y ecosistemas vinculados a aquellos que pueden ser afectados.

Ley No. 85 Ley Forestal (Ministerio de Justicia 1998).

ARTÍCULO I. Define que son objetivos de la Ley:

- b) Controlar los recursos del patrimonio forestal, por medio de las regulaciones establecidas y de los órganos y organismos competentes.
- c) Promover e incentivar la repoblación forestal con fines económicos, de protección o sociales, así como los manejos silvícola en plantaciones y bosques naturales.

d) Conservar los recursos de la diversidad biológica asociada a los ecosistemas forestales.

e) protegerlos bosques contra los desmontes, las talas irracionales, los incendios forestales, el libre pastoreo, las plagas y enfermedades, así como otras acciones que puedan afectar.

f) Regular el uso múltiple y sostenible del patrimonio forestal y promover el aprovechamiento racional de los productos no madereros del bosque.

ARTÍCULO 15 Enuncia que los bosques son administrados con arreglo a sus funciones y ubicación geográfica y se clasifican sobre la base de un conjunto de elementos de orden físico, biológico, ecológico, social y económico en b) bosques de protección y c) bosques de conservación.

ARTÍCULOS 21 y 27. Establece las actividades a ejecutar para las diferentes categorías de bosques y en especial para bosques y fajas forestales de las zonas de protección de los embalses y causas naturales, los que circundan manantiales y a lo largo de cárcavas y barrancos; bosques situados en pendientes superiores a 60% y en lugares en que su presencia evita desprendimientos de tierra, sujeta o afirma los suelos, y fajas forestales a partir de la línea de costa y los bosques de los cayos.

CAPITULO V. Manejo Forestal.

Sección Primera. Ordenación Forestal.

ARTÍCULOS 30 y 32. Apunta que los proyectos de ordenación forestal constituyen la base primordial del desarrollo forestal sostenible y de la planificación, organización y control de los manejos que se realicen en las áreas del patrimonio forestal, contienen información literal y gráfica de la extensión, distribución y el estado del patrimonio, el manejo propuesto para cada área y el detalle que las acciones de forestación y reforestación, tratamientos silviculturales y reconstrucción de bosques, así como el aprovechamiento de productos madereros o no madereros, deberán ser avalados por los proyectos técnicos específicos, los que estarán en correspondencia con el proyecto de ordenación forestal e indicarán entre otros aspectos, los objetivos de forma y los plazos de realización. El reglamento de la Ley regula la elaboración, ejecución y control de los proyectos técnicos.

Sección segunda forestación y reforestación.

ARTÍCULO 35 Se establece el carácter obligatorio de la forestación o reforestación en los terrenos donde se haya realizado extracción de minerales a cielo abierto, terrenos destinados a esta actividad en áreas urbanas y rurales que estén parcial o totalmente deforestados, zonas de recargas de cuencas subterráneas, con prioridad en todo caso, a las correspondientes fuentes de abastecimiento de agua a la población y las que circundan cavidades y depresiones cárnicas terrenos que ayuden a contener el proceso de desertificación u otros tipos de degradación del ambiente, terrenos que forman la faja litoral; terrenos en que por su grado de inclinación u otros factores sean susceptibles de cualquier forma de erosión...

ARTÍCULO 37 Apunta que, en los trabajos de forestación, reforestación y reconstrucción del bosque, se utilizarán especies que faciliten un adecuado

equilibrio ecológico y beneficio económico, de conformidad con las disposiciones, normativas técnicas y recomendaciones del Servicio Estatal Forestal.

Sección Tercera. Aprovechamiento e industria forestal.

ARTÍCULO 38. Indica que el aprovechamiento de los recursos del patrimonio de se realizará cumpliendo las normativas técnicas establecidas, de forma tal que se mantenga las condiciones más favorables para el equilibrio del ecosistema en cuanto a su relación con el suelo, el agua, la flora y la fauna silvestre.

CAPÍTULO VI. Derechos y deberes respectivos al bosque.

ARTÍCULOS 45, 46 y 50. Establecen que todas las personas tienen derecho al disfrute del bosque y el deber de contribuir a su cuidado y conservación. Asimismo apunta que los habitantes del bosque tienen derecho, además, a su uso en actividades que no afecten su integridad, ni a los recursos de la diversidad biológica asociados a ellos, así como el deber de evitar y denunciar los actos de depredación de las áreas boscosas, prevenir y combatir con los medios a su alcance las plagas e incendios forestales, colaborar con las actividades reforestación y en la rehabilitación de las áreas afectadas por incendios y otros desastres naturales.

SECCIÓN tercera. Desmontes.

ARTÍCULO 65. Establece la prohibición de los desmontes, para evitar la reducción de los bosques, salvo autorizaciones del Consejo de Ministros o de su Comité Ejecutivo, conocido el parecer del Ministerio de la Agricultura, de acuerdo con las normas que se establezcan.

Decreto Ley 179. Protección, uso y conservación de los suelos y sus contravenciones (Ministerio de Justicia 1993).

ARTÍCULO 1. La disposición de este decreto es de aplicación para todos los suelos agrícolas y forestales del territorio nacional, con independencia de su régimen de tenencia.

ARTÍCULO 2. Se señala los objetivos de esta norma jurídica. Entre otros se destacan:

- Establecerle control sobre la protección, el uso, la conservación, el mejoramiento y la rehabilitación de los suelos.
- Determinar el orden de utilización de los suelos, su control y levantamiento cartográfico, así como su caracterización y clasificación.
- Conservar y proteger la fertilidad y la productividad de los suelos, mediante el control de la erosión, la salinidad, la acidez y otras causas que pueden dañarlo.
- Protegerlos usos agrícolas y forestales contra los efectos derivados de explotación mineras, geológicas, instalaciones industriales, socioeconómicas, de materiales de construcción.

ARTÍCULOS 9 y 10. Declaran que los usuarios de para la producción agrícola o forestal deberán cumplir los sistemas de protección y uso de suelos, así como explotarlo de forma racional, de acuerdo con las normas y procedimientos vigentes. Están obligados a conservarlos y protegerlos contra la erosión, la

salinidad, la acidificación, la alcalinización, la contaminación u otra forma de degradación (...) Igualmente deberán rehabilitar los suelos dañados, elevar la fertilidad de estos...

Como se puede apreciar, el marco legal y normativo garantiza los instrumentos regulatorios necesarios para el ordenamiento y el uso racional de los suelos de esta cuenca y los recursos naturales vinculados a él.

II.3.6. Propuesta de uso en atención a los resultados del presente trabajo

Considerando el predominante uso ganadero extensivo no controlado, así como el marco legislativo y normativo vigente se impone una propuesta de uso sostenible (anexo 11). Esta propuesta se fundamentó en los resultados alcanzados del análisis de las diferentes vulnerabilidades del suelo con relación a la erosión potencial y las limitantes que ofrece el relieve y la topografía del área de estudio.

Se aplicaron métodos de superposición de capas de los diferentes mapas resultantes de los métodos morfométricos de la erosión potencial. De tal manera que quedaron claramente diferenciadas las áreas con los diferentes potenciales y posibilidades de uso bajo criterios de sostenibilidad. En el mapa de propuesta de uso quedaron definidas cinco zonas genéricas para los siguientes usos (Cuadro 14).

Cuadro 14. Usos propuestos y áreas que ocupan en la cuenca.

Propuesta de uso	Área (ha)
Forestal	2394.8
Café y Forestal	245.9
Frutales	288.1
Silvopastoreo	1422.8
Cultivo de escarde	37.4

Como se puede observar en el mapa de propuesta de usos (anexo 11) se recomendaron grandes áreas que en el futuro deben tener una aproximación sucesiva a usos más específicos, según su respuesta a las acciones de manejo que sean implementadas.

II.3.7. Análisis de la sedimentación en el tramo final del río Yaguanabo

Los resultados de los diferentes perfiles se explican a continuación; considerando como orden de los mismos al perfil 1 como el más alejado de la desembocadura del río y el cuarto el más próximo.

En el perfil 1 todos los sedimentos hasta (30 cm) se formaron o sedimentaron con posterioridad a 1952.

En el perfil 2 la sedimentación es estable con velocidades próximas a los 1,5 cm/ año en todo el perfil, entre 1992 y 1988, se depositaron gran cantidad de arenas.

En el perfil 3 la sedimentación es lenta y se ha incrementado con el paso del tiempo de forma considerable, después de 15 cm aumenta la composición de arena, estos sedimentos corresponden a fechas inferiores a 1900 por lo que hace suponer que en el pasado la dinámica del río era mucho mayor impidiendo la acumulación de sedimentos finos.

En el perfil 4 los sedimentos se formaron o depositaron con posterioridad a 1952, no se observan señales de cambios dinámicos en esta zona del río en el pasado.

La evaluación de los inventarios de ^{137}Cs identifica los últimos 500 m como la zona de máxima sedimentación.

El análisis de los sedimentos realizado sugiere que el área seleccionada constituye una zona de sedimentación, independientemente del intercambio que pueda tener con el mar. La dinámica del río es bastante estable, sólo los golpes de avenida de fuertes lluvias arrastran los sedimentos más livianos al mar. Sin embargo, no se evidencia una correlación entre los procesos erosivos de la cuenca y la potencia de los sedimentos, lo que sugiere el reacomodo de sedimentos a lo largo y ancho de la cuenca en las diferentes depresiones considerando los altos niveles de disección horizontal y la erodabilidad de los suelos. Pero como existe la posibilidad de pérdida de volúmenes considerables de sedimentos llevados al mar por los golpes de avenidas. Es recomendable profundizar en este estudio atendiendo a la complejidad del relieve, el *status* del río y la comprobación de sedimentos en el mar, para obtener un acercamiento a las pérdidas de suelo alcanzadas en la cuenca.

II.4. Conclusiones

1. Es factible diagnosticar la problemática de la erosión, como una primera aproximación, a partir de los métodos empleados en el presente trabajo, como herramienta para la toma de decisión en propuestas de ordenamiento ambiental y ecológico, así como en las consideraciones para evaluar la sostenibilidad de los usos de suelos.
2. El método del Cesio-137 es de dudosa factibilidad de utilización en la cuenca objeto de estudio, debido a la movilización de recursos y la contratación de servicios científico-técnicos especializados que exige, sobre todo, por el número elevado de parcelas de estudio que se requieren dadas las variaciones del suelo y la topografía del territorio el margen de error que propone este método es muy significativo. Esto es extrapolable para cuencas con similares características.
3. El método de la USLE, además de ser económico, puede ajustarse a las condiciones de Cuba y, en particular, a las de una cuenca del territorio

nacional, garantizando una integralidad en el análisis al incluir las principales variables que intervienen en los procesos erosivos.

4. El hecho de que el valor que resulta de la aplicación de la USLE a la parcela seleccionada sea inferior al obtenido por el método del Cesio-137 es indicador de que la comparación de ambos métodos en cuanto a su eficacia no es posible cuando se desconocen las intervenciones del hombre y los procesos naturales ocurridos en todo el periodo que puede estimar el método del Cs 137, descartando también la comparación de sus resultados en cuanto a la pérdida de suelo estimada, toda una vez que los mismo tienen un alcance de tiempo diferente.
5. El 54.56% del área total de la cuenca es muy vulnerable, la alta vulnerabilidad alcanza el 5.60% y la vulnerabilidad medianamente alta, el 6.56%, lo que suma un 66.72%. Esto significa que más de las 2 terceras partes de la cuenca presenta severos problemas para el uso potencial.
6. El marco legal y normativo existente en el país garantiza los instrumentos regulatorios necesarios para el ordenamiento y el uso racional de los suelos de esta cuenca y los recursos naturales vinculados a él; sin embargo, es evidente que su vigencia y aplicación en la cuenca estudiada alcanzan niveles insuficientes.
7. Los usos de suelo que se proponen y las áreas que ocupan en la cuenca son los siguientes:
 - Forestal: 2394.8
 - Café y Forestal: 245.9
 - Frutales: 288.1
 - Silvopastoreo: 1422.8
 - Cultivo de escarde: 37.4
8. El último tramo del río Yaguanabo constituye una zona de sedimentación, sin embargo, no se evidencia una correlación entre los procesos erosivos de la cuenca y la potencia de los sedimentos.
9. Detrás de las causas relacionadas con los usos de la tierra y las actividades inherentes a la población humana que conducen a la transformación negativa de los componentes del paisaje y afectan la calidad de vida de la población residente en la cuenca Yaguanabo, se encuentran importantes condicionales sociales, económicas, institucionales y tecnológicas que dan lugar a un entorno propicio para que continúe y aún se incremente el proceso de deterioro de este territorio.

CAPÍTULO III. EL RÉGIMEN PLUVIOMÉTRICO Y LA ACIDEZ DE LAS LLUVIAS EN LA CUENCA DEL RÍO YAGUANABO

III.1. Introducción

La disminución de los valores de precipitación en las últimas décadas se ha asociado a los procesos de desertización que se dan en ciertas regiones que, a su vez, se relacionan con el fenómeno de cambio climático global. Por otro lado, el aumento de la acidez de las lluvias como consecuencia de la contaminación atmosférica derivada de ciertas industrias, a menudo afecta zonas localizadas a gran distancia, incluso, en países distintos (Freedman 1989, Lai *et al.* 2001, Tazaki *et al.* 2004). Las lluvias ácidas constituyen un importante factor contribuyente a los procesos de desertización.

Ya a mediados del siglo XIX se reportaron nieblas con un fuerte carácter ácido en determinados episodios de las áreas más industriales del Reino Unido (Park 1997), pero no es hasta la década de los sesenta del siglo pasado que se constata la existencia de un proceso de acidificación de la lluvia como consecuencia de las emisiones de SO₂ y NO_x que se incrementaron paralelamente al desarrollo basado en el aprovechamiento de combustibles fósiles como el carbón o el petróleo (Nilsson 2003).

Freedman (1989) señala que fue un problema de contaminación transfronteriza entre Inglaterra y los países escandinavos el que causó la alarma en un foro internacional, concretamente en la Conferencia de Naciones Unidas sobre el medio ambiente en Estocolmo, porque se empezaba a tener constancia de los efectos negativos que la precipitación ácida podía tener en las construcciones de materiales calcáreos o metálicos, pero sobre todo en lagos, ríos, suelos y bosques (Mellamby 1988).

Desde los años setenta del siglo pasado han visto la luz varios miles de publicaciones sobre las lluvias ácidas y sus efectos. En el caso concreto de las afectaciones que puede producir la deposición ácida sobre los ecosistemas forestales han tenido interés aportaciones como las iniciales de Drablos y Tollan (1980), Hutchinson y Havas (1980) o Ulrich y Pankrath (1983) hasta la más actual, por ejemplo de Brimblecombe *et al.* (2007). Sin embargo, y tal como señala Morejón (2009), después de revisar varios resúmenes de las investigaciones realizadas en diversos países europeos para valorar la relación entre la deposición ácida y el declive de los ecosistemas forestales, no se puede decir que hayan aparecido regularidades nítidas más que en casos muy contados en que se ha hecho seguimiento de penachos. En estas investigaciones se ha constatado que determinados episodios de sequía, el uso de marcos de plantación muy pequeños, el ozono troposférico o algunas plagas, han producido efectos de defoliación de los árboles muy difíciles de

distinguir de los debidos a la lluvia ácida (Landman 1991, Heij y Schneider 1994, Kandler e Innes 1995, Millán y Sanz 1993 y Montoya y López 1997).

Durante los años setenta y ochenta del siglo XX se llegó a una visión global del problema de la precipitación ácida en el que dos aspectos resultaban destacables: 1) Existía una buena correlación entre el consumo energético de los países y la amplitud e intensidad del problema (Seager *et al.* 1995); 2) Como consecuencia del patrón de circulación atmosférica dominante, los países o estados situados al este tienden a sufrir los efectos de la contaminación transfronteriza (Freedman 1989, Lai *et al.* 2001, Tazaki *et al.* 2004). Más adelante, en la década de los 90, los avances en la desulfuración de carbones y la aparición de normas legislativas de salvaguarda del medio ambiente atmosférico propiciaron un significativo descenso en la deposición de azufre que originó un incremento de los valores de pH de la lluvia en la mayor parte de los países más industrializados (Foell *et al.* 1995, Alebic 1995, Ávila 1996, Lynch *et al.* 2000, Keller *et al.* 2007 y Sicard *et al.* 2007). Sin embargo en un país como Suecia, en el período 1980 a 1987, la disminución del 50% de las emisiones de azufre solo consiguió una disminución del 8% de la deposición ácida (Jones 1997).

En la mayor parte de las cartografías que muestran la intensidad de las lluvias ácidas, además de las áreas más afectadas desde el principio (sobre todo N y E de Estados Unidos, E de Canadá y centro y E de Europa, aparecen áreas de industrialización emergente, sobre todo en China, Corea y Japón, W y S de África y en N y E de Suramérica. (Jones 1997, Seager *et al.* 1995).

El transporte transfronterizo de contaminación atmosférica, que puede explicar resultados como los arriba citados de Suecia, sigue representando un problema de importancia social y económica en varias zonas del planeta. Debido a ello en los últimos treinta años se han valorado varios métodos para intentar precisar el origen de las masas atmosféricas que generan las lluvias ácidas y se han propuesto dos principalmente: 1) el seguimiento del movimiento de la masa durante varios días antes de la precipitación (los denominados análisis de retrotrayectorias, que requieren un considerable volumen de tiempo de cálculo) y 2) el más asequible y sencillo que consiste en el análisis de los mapas del tiempo que preceden al evento. Entre otros varios, los estudios de Landman (1991), Carratalá *et al.* (1996), Ávila y Alarcón (1999) utilizan alguno o ambos métodos para caracterizar el origen de la deposición ácida.

El número de estudios realizados en América Central y del Sur sobre el problema de las lluvias ácidas es muy considerablemente menor al llevado a cabo en el hemisferio norte del mismo continente o en Europa. No obstante en los dos últimos decenios la aparición de polos industriales en muchos de los países del área, así como el incremento del tráfico de vehículos, han generado problemas locales de contaminación ácida (Parungo *et al.* 1990, Flues *et al.* 2002, Pelicho *et al.* 2006 entre otros). En el conjunto de la bibliografía analizada cabe destacar algunas investigaciones que muestran la existencia de precipitaciones ácidas de origen natural como es el caso de las asociadas a emisiones volcánicas (Johnson y Parnell, 1986, Parnell 1986), o a los ácidos orgánicos emitidos por la vegetación (Bridgman 1989, dos Santos *et al.* 2007). No tan naturales, aunque no del todo antropogénicas, deben considerarse las precipitaciones que se asocian a los incendios de bosques y de sabanas, muchos de los cuales son provocados como un sistema de gestión, y que

producen óxidos de nitrógeno, precursores del ácido nítrico (Lewis y Weibezhan 1981, de Mello 2001).

La desertificación es un fenómeno complejo que incluye tanto componentes antropogénicos como biofísicos, incluyendo los climáticos, en el que más de un 80% de las causas se puede adjudicar al manejo inadecuado de los recursos y el resto sería atribuible a factores climáticos (CONAZA-FAO 1994, en Jiménez 2004b), pues existen factores económicos e institucionales que originan presión sobre los recursos naturales y contribuyen a desencadenar y acelerar el proceso de desertificación (Jiménez 2004b).

La desertificación tiene procesos primarios fuertes, como la erosión y la degradación de la cobertura vegetal, que afectan la producción y causan la modificación del ecosistema, así como procesos secundarios que ocasionan la degradación física, química y biológica del suelo. Las consecuencias de la desertificación se manifiestan en el deterioro del agua, el suelo, la flora y la fauna, las alteraciones del ciclo hidrológico, la disminución de la diversidad biológica y las modificaciones del clima. Tales consecuencias pueden afectar la seguridad alimentaria de las regiones donde ocurren y disminuir el nivel de vida de los habitantes (Jiménez 2004b).

Cuba está afectada por la desertificación en un 14% de su territorio que abarca unas 24 subzonas edafoclimáticas ubicadas generalmente cerca de las costas. La causa fundamental está en la degradación de los suelos como resultado histórico del mal uso y manejo de las tierras, de cuya área total, el 53,8% está afectado por la salinidad, el 23,9% por la erosión, en el 14,5% actúan a la vez ambos factores y el 7,7% presenta degradación de la cubierta vegetal. De las principales causas desencadenantes de los procesos de desertificación identificadas mundialmente se han identificado 4 en el país, las que son, básicamente, el manejo del agua de riego, las tecnologías de manejo de tierras, el manejo de la ganadería y la deforestación. (CITMA)

El Valle de Yaguanabo, localizado en el municipio de Cumanayagua, provincia de Cienfuegos, constituye un buen ejemplo para documentar la ocurrencia de estos procesos, a partir de datos históricos de pluviometría y mediciones del pH de las lluvias; además, se trata de una cuenca cerrada en la que está asentada una comunidad humana que ha vivido los cambios ocurridos y depende en gran medida de la ganadería extensiva como principal renglón productivo del territorio, actividad económica que ha declinado en las últimas décadas y ofrece hoy grandes dificultades de gestión como consecuencias de la transformación del paisaje y el endurecimiento del clima.

Para abordar los aspectos tratados en este capítulo se han considerado las siguientes hipótesis:

1. En general, ha tenido lugar una declinación en la frecuencia y el volumen de las precipitaciones en el territorio de la cuenca.
2. Las precipitaciones según su origen han sufrido variaciones en cuanto a su proporción a través del tiempo.
3. La ocurrencia de lluvias ácidas en la cuenca está relacionada con el origen de las precipitaciones.

4. La calidad del agua del río Yaguanabo está afectada por la acidez de las lluvias que ocurren en la cuenca.

III.2. Materiales y Métodos

Para la investigación relacionada con el régimen pluviométrico y la acidez de las lluvias en el Valle de Yaguanabo se procedió a contratar los servicios del Laboratorio Provincial de Recursos Hidráulicos (LPRH). Esto constituye una garantía respecto a la confiabilidad de los datos. El contrato incluyó la revisión y utilización de información de archivo y la realización de análisis de calidad del agua utilizando muestras de lluvia y del río Yaguanabo, conforme a la tarea técnica que aparece en el anexo 12.

Tanto en los trabajos de campo como de laboratorio se contó con la participación del grupo integrado, además del autor. Grupo que se encargó de la recolección y procesamiento de muestras de agua del río Yaguanabo, a fin de obtener una caracterización actualizada y permitir su contraste con los datos de archivo. Estas muestras fueron tomadas en un punto del lecho del río aproximadamente en el centro de la cuenca, a unos 500m del punto en que se encontraba el pluviómetro N° 675, cuando se mantenía activo.

III.2.1. Caracterización general de los datos utilizados

En los análisis realizados en este capítulo fueron empleados los datos pluviométricos de volumen, frecuencia y de pH encontrados en los registros archivados en el LPRH que corresponden al pluviómetro N° 675, ubicado en un punto central de la cuenca, en las inmediaciones del poblado de Yaguanabo Arriba. Estos datos conforman series cronológicas que corresponden al período entre los años 1979 y 1999, ambos incluidos. También se empleó los datos de pH y conductibilidad eléctrica de las aguas del río Yaguanabo resultantes de mediciones efectuadas a muestras colectadas durante las temporadas lluviosas.

Para el uso de los datos pluviométricos se ha tenido en cuenta que una precipitación de 1 mm corresponde a una recepción en el suelo de 1 litro de agua por m² (Lacoste y Salanon 1983). Para el análisis del comportamiento del pH en relación con otras variables, los datos de pH fueron transformados a los valores de concentración de hidrogeniones correspondientes a partir de la expresión: $[H^+] = 10^{-pH}$. Para comprobar la normalidad de la distribución de los datos de volumen, frecuencia y concentración de hidrogeniones de la lluvia se empleó la prueba de Kolmogorov-Smirnov y sus resultados fueron considerados para el tratamiento estadístico de estas variables.

Para la valoración del efecto potencial de la acidez de la lluvia se ha empleado los aportes en H⁺, dado que incluyen el peso que corresponde al volumen acumulado de las precipitaciones.

De acuerdo con López (2006), se supone que el pH de las precipitaciones en regiones alejadas de fuentes de contaminación antrópica es similar al de la solución débil de ácido carbónico – alrededor de 5,6 que tiene la lluvia, por lo que se ha utilizado para distinguir las lluvias ácidas (pH<5,6) de las no ácidas

($\text{pH} \geq 5,6$). A partir de los criterios de este autor se ha conformado una escala de 8 rangos de pH para evaluar los niveles de acidez de las lluvias ocurridas en la cuenca Yaguanabo en el período 1994-1999.

Para analizar la evolución del pH en grupos de lluvias sucesivas se consideró sólo las precipitaciones que tienen lugar tras un periodo seco de no menos de diez días.

III.2.2. El análisis de las series cronológicas de lluvia

Para el análisis de la series cronológicas han sido respetadas las etapas fundamentales ya referidas por Spiegel (1971) que incluyen la verificación y el ajuste de los datos considerando los años bisiestos, la identificación de variaciones cíclicas y estacionales y de indicios de tendencias a largo plazo, la representación gráfica de las curvas correspondientes, la desestacionalización de los datos, la suavización de las series cronológicas para eliminar las variaciones irregulares y poner de manifiesto las cíclicas mediante su representación gráfica, y la emisión de pronósticos cuando es posible. Para el procesamiento de las series cronológicas se ha utilizado los procedimientos y facilidades del programa XLStatd de acuerdo con los criterios de (Archibald 1990, Box y Jenkins 1976, Brockwell y Davis 1996, Brown 1962, Brown y Meyer 1961, Chatfield 1978, Holt 1957, Makridakis *et al.* 1997, Shumway y Stoffer 2000, Winters 1960). Para la suavización se escogió el modelo multiplicativo estacional Holt-Winters, considerando que este método tiene en cuenta una tendencia que varía con el tiempo y un componente estacional con un período determinado, sus predicciones consideran la tendencia y la estacionalidad que varía con el tiempo.

III.2.3. Las precipitaciones según su origen

Al considerar la hipótesis de que la acidez de las lluvias que ocurren en la cuenca puede estar relacionada con el origen de las precipitaciones, se hace necesario conseguir una identificación confiable de los eventos meteorológicos que ocasionan lluvias. Para identificar las precipitaciones originadas por frentes fríos se usó una base de datos del Instituto Nacional de Meteorología, consultada en el archivo del Centro Provincial de Meteorología de Cienfuegos, constatando las coincidencias en fecha y área de los sistemas frontales que han pasado por el territorio en el período que abarca la serie cronológica pluviométrica disponible de las lluvias ocurridas en la cuenca.

La identificación de las otras procedencias de las lluvias se hizo mediante el empleo del programa Cuba Forecast Versión 3.8 (Díaz y Fernández, 2003) que incluye las bases de datos NCEP-NCAR, período 1978-1999 (22 años), en consulta con el Dr. Antonio Fernández, Director del Centro de Pronósticos Meteorológicos de la Provincia Cienfuegos y considerando la escala Saffir-Simpson. Según los valores de presión atmosférica correspondientes al área y día de la lluvia, el origen se predeterminó de la siguiente manera:

- Depresiones: 1008-1010 hPa
- Tormentas tropicales: 980-1010 hPa

- Huracanes: menos de 980 hPa
- El resto de las lluvias se consideró ocasionadas por el calentamiento diurno.

Para la identificación definitiva se procedió a confirmar el origen predeterminado mediante la revisión de los archivos del Centro Provincial de Meteorología de Cienfuegos (CPMC) de los eventos meteorológicos que constan en los registros históricos.

III.2.4. Tratamiento de las variables analizadas en la investigación

Las variables que fueron utilizadas en los análisis que se presentan en este capítulo fueron:

- Volumen de las precipitaciones: obtenida de la lectura del pluviómetro y expresada en mm, la que indica la cantidad de litros de agua por m² que recibe el suelo por día de lluvia.
- Frecuencia de las precipitaciones: obtenida del cociente del número de precipitaciones del mes o año entre el total de días del mes o año.
- pH de la lluvia: unidades y fracciones decimales de una escala de 14 unidades de pH.
- Concentración de hidrogeniones [H⁺]: obtenida a partir del valor de pH y expresada en moles/litro.
- Aportes en hidrogeniones (H⁺): es el producto de la concentración de hidrogeniones [H⁺] por el volumen de la lluvia, expresado en moles/m², que indica el aporte de acidez de las lluvias diarias o acumuladas en un período determinado (mes, año).
- Conductibilidad eléctrica: obtenida en laboratorio utilizando muestras colectadas de agua del río y de las precipitaciones, se expresa en $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C.

Para evaluar el comportamiento de las variables 1-5, correspondientes a las lluvias, los datos fueron organizados en diferentes niveles de análisis que incluyeron:

- Las precipitaciones diarias en toda la serie cronológica desde 1979 hasta 1999.
- Las precipitaciones mensuales.
- Las precipitaciones anuales.
- Las precipitaciones por temporada seca y temporada lluviosa.
- Las precipitaciones según su origen.

Para evaluar el comportamiento de las variables 4-6 correspondientes a las aguas del río Yaguanabo y su contraste con las correspondientes a las lluvias, sus datos fueron organizados según los años en que fueron tomadas las muestras.

Para el tratamiento estadístico de los datos de las variables sometidas a análisis se ha tomado en consideración su distribución, seleccionándose las

pruebas a utilizar en concordancia con los tipos de variables y las hipótesis que se pretende comprobar. A tales efectos fueron consultados los textos de Hoel (1971), Freund (1972), Spiegel (1971), Lerch (1977) y García Ferrando (2004). Además, se han tenido en cuenta las experiencias de López (2006), Morejón (2009) y Plasencia (2010).

Fueron empleadas las siguientes pruebas estadísticas:

- Kolmogorov-Smirnov para comprobar la normalidad de los datos de cada variable.
- Chi-cuadrado para comprobar la similitud de proporción entre los valores que toma una variable en el conjunto de datos correspondiente a la serie cronológica analizada.
- Kruskal-Wallis para comparar muestras de una variable medida respecto a una variable de agrupación, a partir del análisis de varianza de un factor aplicada a datos que no siguen la distribución normal.
- Mann-Kendall para identificar posibles tendencias en series cronológicas.
- Mann-Kendall con estacionalidad para confirmar la existencia de tendencias. En los casos de tendencia se aplicó el método de suavización (smoothing) para eliminar las variaciones irregulares y poner de manifiesto las variaciones cíclicas mediante su representación gráfica para identificar cualquier periodicidad y evaluar la posibilidad de emitir pronósticos.
- Rangos con signo de Wilcoxon para comparar las distribuciones de los valores de $[H^+]$ por meses y por origen de las lluvias, organizando los datos de manera que se puedan confrontar como dos variables a la vez.

Se ha empleado además la representación gráfica de series cronológicas mediante curvas de tendencia con recta de ajuste y su ecuación correspondiente, la comparación de frecuencias porcentuales de ocurrencia, los diagramas de distribución de observaciones de las variables analizadas y las correlaciones no paramétricas mediante los coeficientes Taub de Kendall y Rho de Spearman. Los estadígrafos utilizados fueron el número de observaciones (N), el mínimo, el máximo, la media, la desviación típica y el error típico. Se trabajó para un nivel de confianza del 95%.

Para el procesamiento de datos fueron utilizados los programas Excel de Microsoft Word para Windows, SPSS 15.0 para Windows y XLSTADT, como extensión de Excel de Microsoft Word 2010 para Windows.

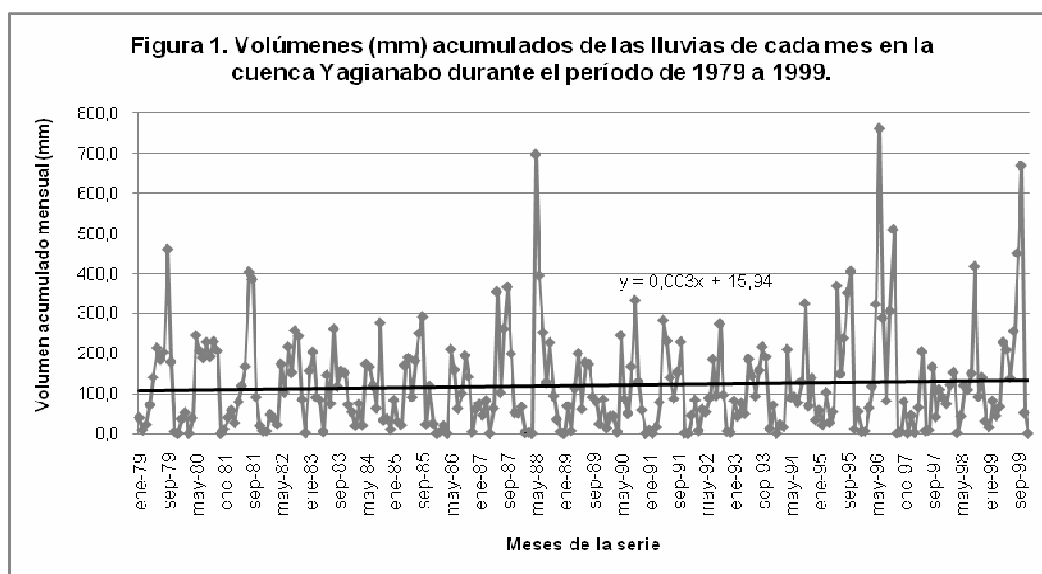
III.3. Resultados y Discusión

III.3.1. El volumen de las precipitaciones mensuales

Los datos de volumen de las precipitaciones mensuales mostraron diferencias significativas respecto a la distribución normal (Z de Kolmogorov-Smirnov: 2,630; Sig. asintót. bilateral: 0,000), por lo que se consideró el empleo de

estadística no paramétrica. La prueba de Kruskal-Wallis encontró diferencias significativas entre estos datos (Chi-cuadrado: 134,681; gl: 11; Significación asintótica: 0,000).

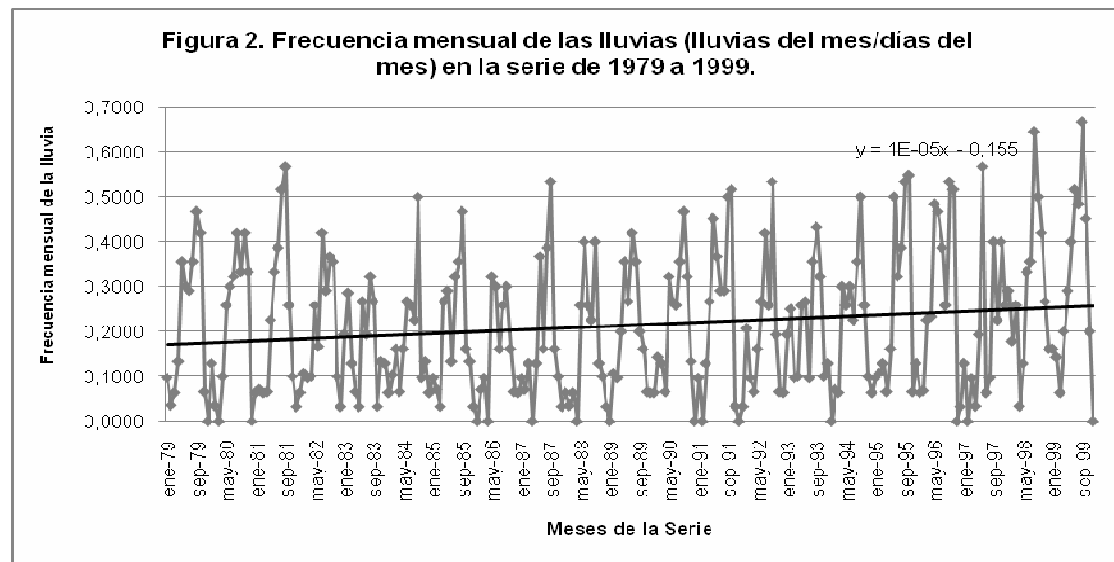
Los volúmenes de las precipitaciones mensuales que ocurrieron en la cuenca en el período analizado muestran una variación importante (N=252; Mínimo=0,0; Máximo=761,4; Media=119,9; Desv. Típica=123,4) y la gráfica de la serie cronológica correspondiente (Figura 1), sugiere una muy pequeña tendencia al incremento en el tiempo, a diferencia de la hipótesis preliminar que suponía un descenso en el volumen de las precipitaciones.



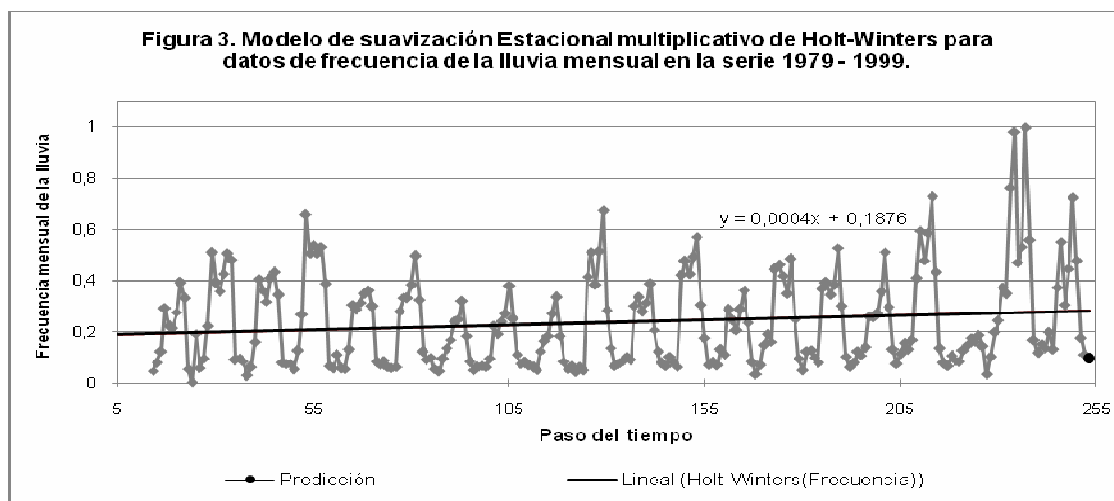
Al someter los datos a la prueba de Mann-Kendall teniendo en cuenta la estacionalidad (Tau de Kendall: 0,000; S': 0,000; p-valor bilateral: 1,000; alfa: 0,05), no se puede rechazar la hipótesis nula, puesto que el riesgo de hacerlo cuando esta es verdadera es del 100,00%, lo que significa que no existe tendencia en la serie.

III.3.2. La frecuencia de las precipitaciones mensuales

Los datos de frecuencia de las precipitaciones mensuales mostraron diferencias respecto a la distribución normal (Z de Kolmogorov-Smirnov: 2,630; Sig. asintót. bilateral: 0,000), lo que se tuvo en cuenta para su tratamiento estadístico. Aunque los estadísticos descriptivos no evidencian gran variación (N: 252; Media: 0,2138; Desv. Típica: 0,15646; Error Típico: 0,00986), la Prueba de Kruskal-Wallis devolvió diferencias altamente significativas para las frecuencias de las lluvias mensuales en la serie de datos analizada (Chi-cuadrado: 153,428; gl: 11; Significación asintótica: 0,000). Una muy ligera tendencia al incremento se aprecia en la curva que describen los datos de días de lluvia por mes (Figura 2), pues la ecuación de la recta de ajuste muestra una pendiente muy pequeña.



En los resultados de la prueba de Mann-Kendall que es confirmada al tener en cuenta la estacionalidad (Tau de Kendall: 0,149; S': 350,000; p-valor bilateral: 0,002; alfa: 0,05), pues el riesgo de rechazar la hipótesis nula siendo verdadera es muy pequeño.



Al aplicar el método de suavización mediante el modelo estacional multiplicativo de Holt-Winters a los datos de número de lluvias por mes (Figura 3), la curva resultante supone un ligero incremento en la frecuencia de las precipitaciones mensuales de acuerdo con su pendiente positiva, pero pequeña. Muestra además cierta irregularidad e importantes variaciones en el último tramo (puntos 13 – 52). El punto de predicción (punto 53) se corresponde con los valores de frecuencia de lluvias de los meses del período seco.

Puede esperarse entonces una ligera tendencia al incremento de la frecuencia de las precipitaciones mensuales y cierto comportamiento irregular en la distribución de las lluvias mensuales.

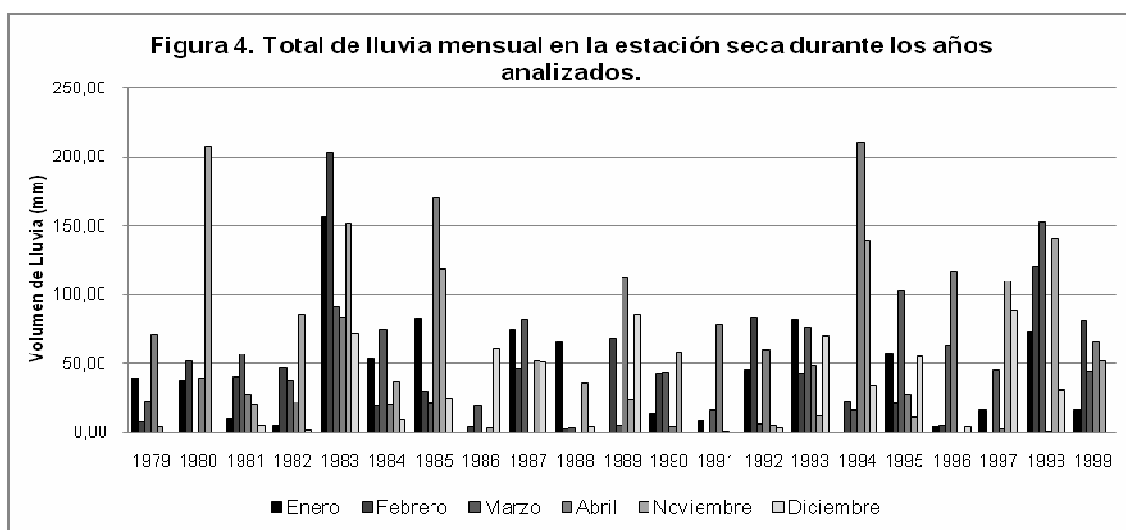
III.3.3. El volumen de las precipitaciones en las épocas seca y lluviosa

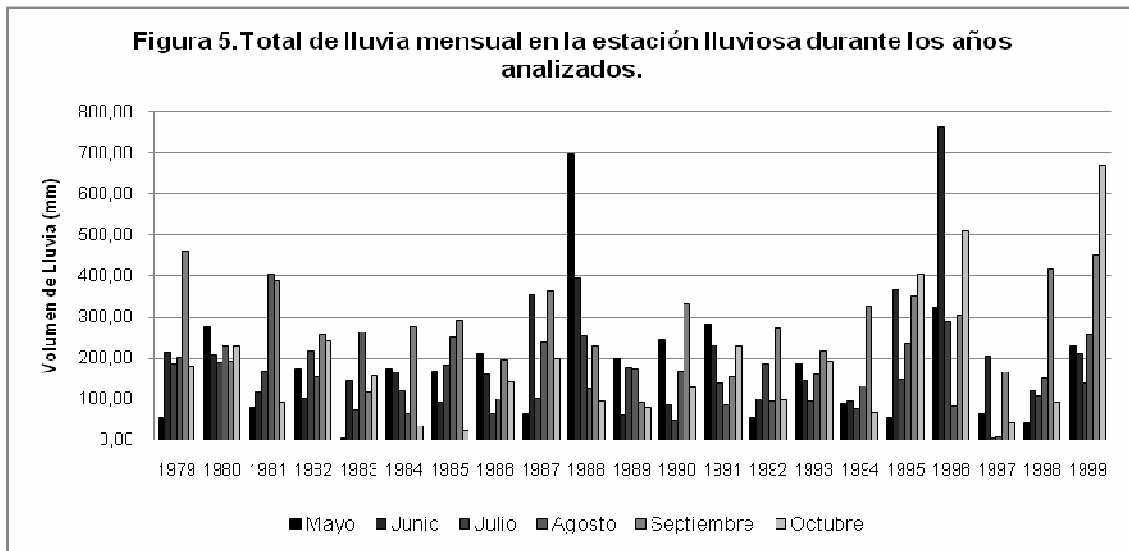
El Cuadro 1 muestra los estadísticos descriptivos del volumen de las precipitaciones para la época seca y la época lluviosa. Es apreciable la manera en que disminuyen los volúmenes medios de lluvia en la denominada época seca, pero estas diferencias con la época lluviosa concuerdan con lo reportado para la zona (Orbe 2003). En general, la variabilidad es importante, lo que supone algunos períodos muy secos y algunas temporadas relativamente lluviosas.

Cuadro 1. Estadísticos descriptivos del volumen de las precipitaciones (mm) de la cuenca Yaguanabo en las épocas seca y lluviosa durante el período de 1979 a 1999.

Época	N	Media	Desv. típica	E. típico	Mínimo	Máximo
Seca	126	46,517	47,7632	4,2551	0,0	210,0
Lluviosa	126	193,289	132,1030	11,7687	4,3	761,0
Total	252	119,903	123,4256	7,7751	0,0	761,0

De manera similar a la mayor parte del país en que las precipitaciones del período lluvioso alcanzan entre el 75 y el 80% del total de lluvia anual (Trusov *et. al.* 1983), las precipitaciones del período seco y húmedo alcanzan porcentajes del 19,4% y el 80,6% del volumen anual, respectivamente. La Prueba de Kruskal-Wallis mostró diferencias significativas para los volúmenes mensuales de las precipitaciones entre las épocas seca y lluviosa (Chi-cuadrado: 123,490; gl: 1; Sig. asintótica: 0,000), como corresponde al clima local, pero no devolvió diferencias entre los años analizados (Chi-cuadrado: 10,511; gl: 20; Sig. asintótica: 0,958). Es decir, aparentemente, a pesar de las variaciones que se aprecian en los estadísticos los volúmenes de lluvia de cada época no han sido muy diferentes a través del período evaluado. Al contrastar los volúmenes de lluvia de cada mes en los años sucesivos se aprecian algunas diferencias notables, tanto en la época seca (Figura 4), como en la lluviosa (Figura 5).





La prueba de Kruskal-Wallis no devolvió diferencias significativas para los volúmenes de lluvia de cada mes de la época seca (Chi-cuadrado: 4,427; gl: 5; sig. asintótica: 0,490) en los años de la serie analizada, pero sí para cada mes de la época lluviosa (Chi-cuadrado: 18,201; gl: 5; sig. asintótica: 0,003), es decir, en la época seca cada mes tiene un comportamiento similar año tras año, pero en la época lluviosa cada mes acumula volúmenes diferentes de un año a otro.

La misma prueba, al comparar los meses de cada época entre sí respecto a los volúmenes de lluvia de cada año de la serie, mostró diferencias significativas, tanto para la época seca (Chi-cuadrado: 32,344; gl: 20; sig. asintótica: 0,040), como para la época lluviosa (Chi-cuadrado: 33,111; gl: 20; sig. asintótica: 0,330), esto significa que la distribución de los volúmenes de lluvia por mes es diferente en cada año, tanto en época seca, como lluviosa.

III.3.4. La frecuencia de las precipitaciones en las épocas seca y lluviosa

El Cuadro 2 muestra los estadísticos descriptivos de la variable frecuencia de las precipitaciones para la época seca y la época lluviosa. Es apreciable la manera en que se deprime la frecuencia media de las lluvias en la época seca, pero esto concuerda con lo reportado para la zona (Orbe 2003). En general, la variabilidad de la frecuencia no es mucha y los valores medios para cada época y para el total de las precipitaciones anuales pueden considerarse bajas comparados con las frecuencias medias que se reportan para zonas similares por el mismo autor.

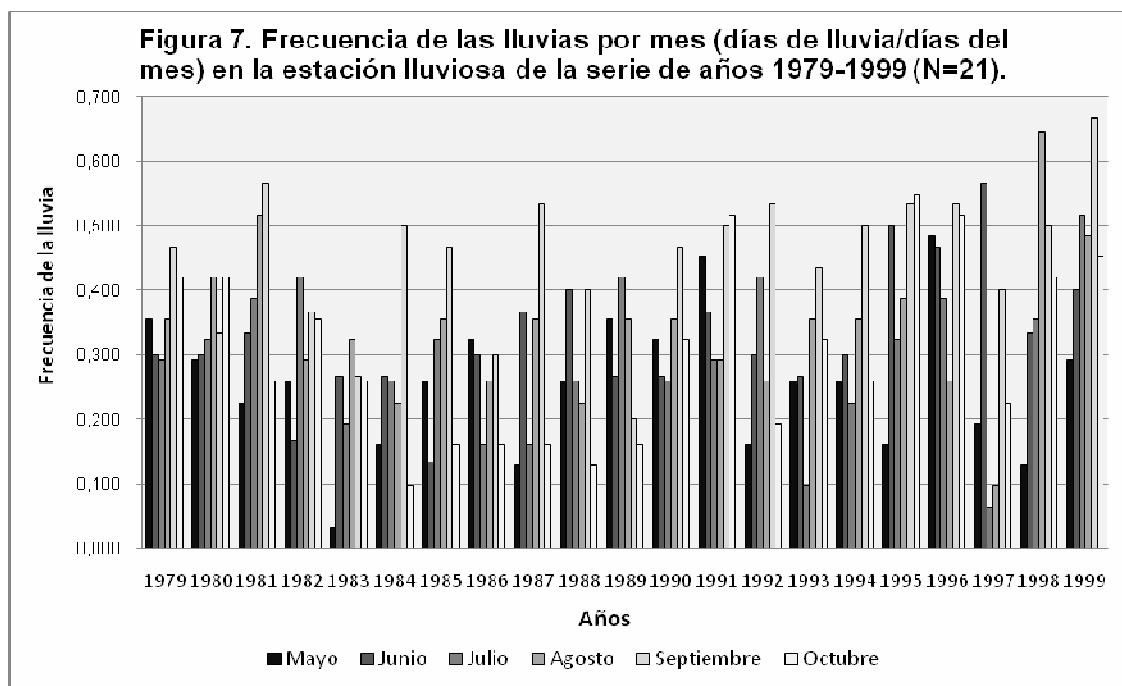
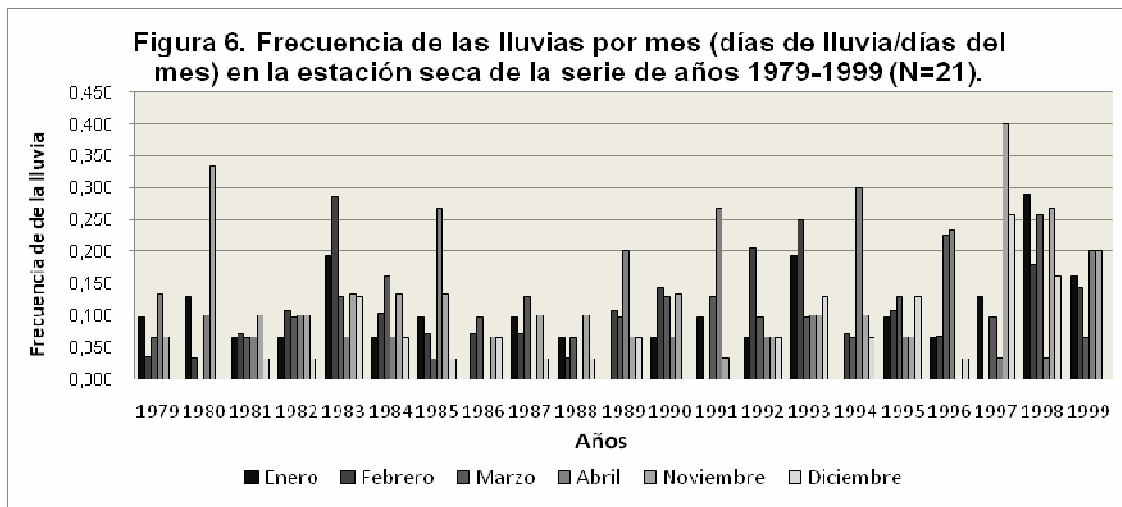
Cuadro 2. Frecuencia de la lluvia mensual

Época	N	Media	Desv. típica	E. típico	Mínimo	Máximo
Seca	126	0,101410	0,0794380	0,0070769	0,0000	0,4000
Lluviosa	126	0,326242	0,1317747	0,0117394	0,0323	0,6667
Total	252	0,213826	0,1564546	0,0098557	0,0000	0,6667

En forma similar a lo que sucede con el volumen de las precipitaciones y de acuerdo con el clima predominante, los días lluviosos del período seco y

húmedo alcanzan porcentajes de 23,4% y 76,6% del total anual, respectivamente.

La Prueba de Kruskal-Wallis devolvió diferencias significativas entre las épocas seca y lluviosa para las frecuencias mensuales de las precipitaciones (Chi-cuadrado: 136,182; gl: 1; Sig. asintótica: 0,000) como corresponde al tipo de clima local; pero no mostró diferencias en cada época para los años analizados (Chi-cuadrado: 12,458; gl: 20; Sig. asintótica: 0,899). Es decir, la frecuencia de la lluvia de cada época no ha sido muy diferente a través del período evaluado. Al contrastar las frecuencias de lluvia de cada mes en los años sucesivos se aprecian algunas diferencias notables, tanto en la época seca (Figura 6), como en la lluviosa (Figura 7).

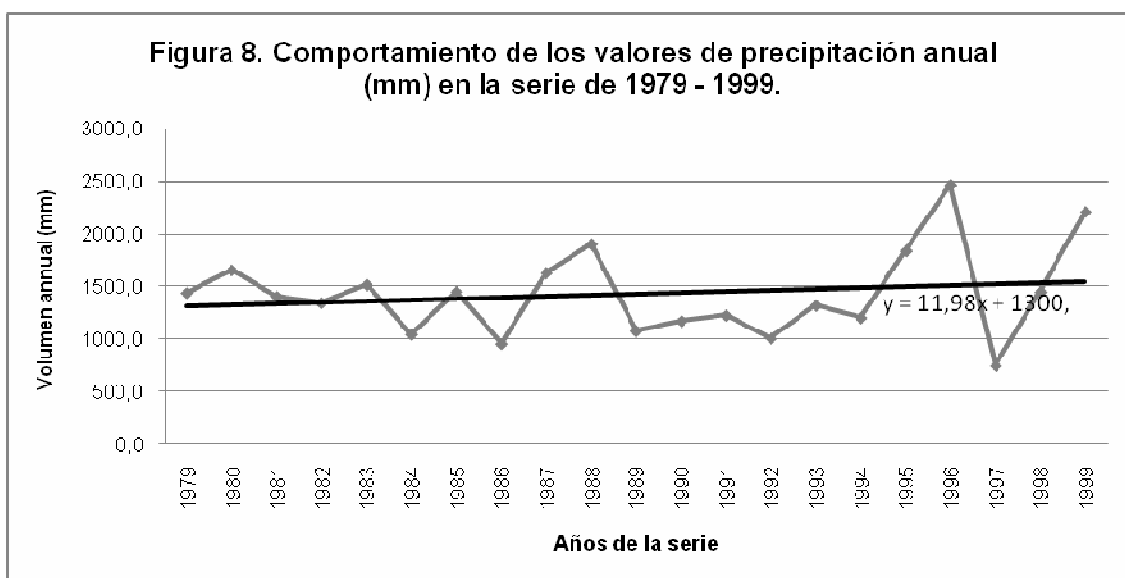


La prueba de Kruskal-Wallis devolvió diferencias significativas para los volúmenes de lluvia de cada mes de la época seca (Chi-cuadrado: 13,323; gl: 5; sig. asintótica: 0,021) y la época lluviosa (Chi-cuadrado: 28,162; gl: 5; sig.

asintótica: 0,000) en los años de la serie analizada. La misma prueba, al comparar los meses de cada época entre sí respecto a las frecuencias de lluvia de cada año de la serie, no mostró diferencias significativas para la época seca (Chi-cuadrado: 25,682; gl: 20; sig. asintótica: 0,177), pero sí para la época lluviosa (Chi-cuadrado: 32,235; gl: 20; sig. asintótica: 0,041).

III.3.5. El volumen de las precipitaciones anuales

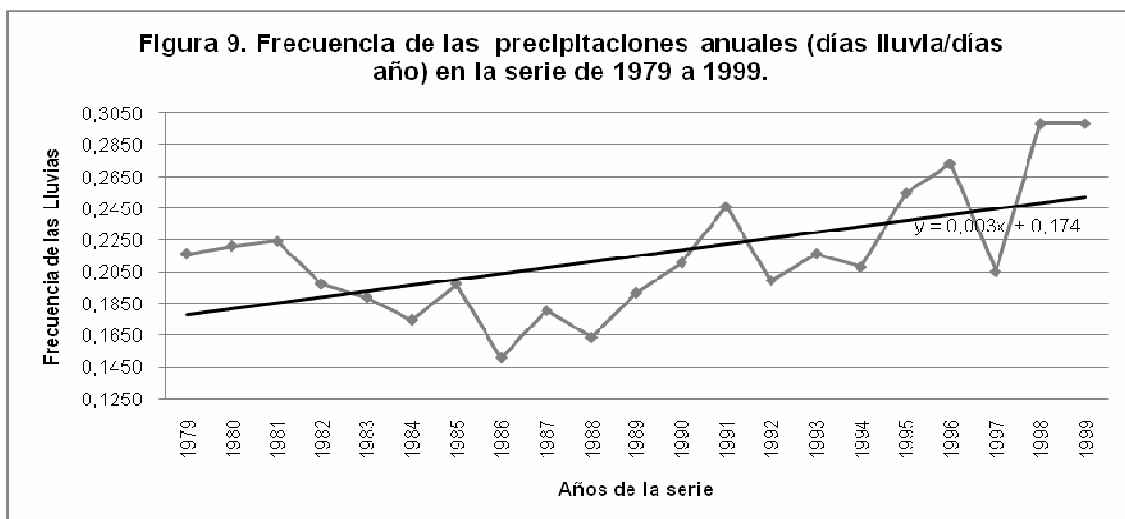
Los datos de volumen de las precipitaciones ocurridas en los años de la serie analizada mostraron diferencias respecto a la distribución normal (Z de Kolmogorov-Smirnov: 6,155; Sig. asintót. bilateral: 0,000), lo que se ha tenido en cuenta para su tratamiento estadístico. La prueba de Kruskal-Wallis encontró diferencias significativas entre las medias de las observaciones de cada año (Chi-cuadrado: 98,702; gl: 20; sig. bilateral: 0,000), aunque los estadísticos descriptivos no evidencian gran variación en los volúmenes anuales de lluvia acumulados (N=21; Media=1431,99; Desv. Típica=416,89; Error Típico=90,97). La gráfica de la serie cronológica correspondiente (Figura 8) muestra una pequeña tendencia al incremento en el tiempo.



Sin embargo, al someter los datos a la prueba de Mann-Kendall teniendo en cuenta la estacionalidad (Tau de Kendall: -0,022; S': -2,000; p-valor bilateral: 0,950; alfa: 0,05), no se puede rechazar la hipótesis nula referente a que no existe tendencia en la serie, puesto que el riesgo de hacerlo siendo esta verdadera es francamente alto. Este resultado sugiere descartar la existencia de una tendencia en los volúmenes de las precipitaciones anuales.

III.3.6. La frecuencia de las precipitaciones anuales

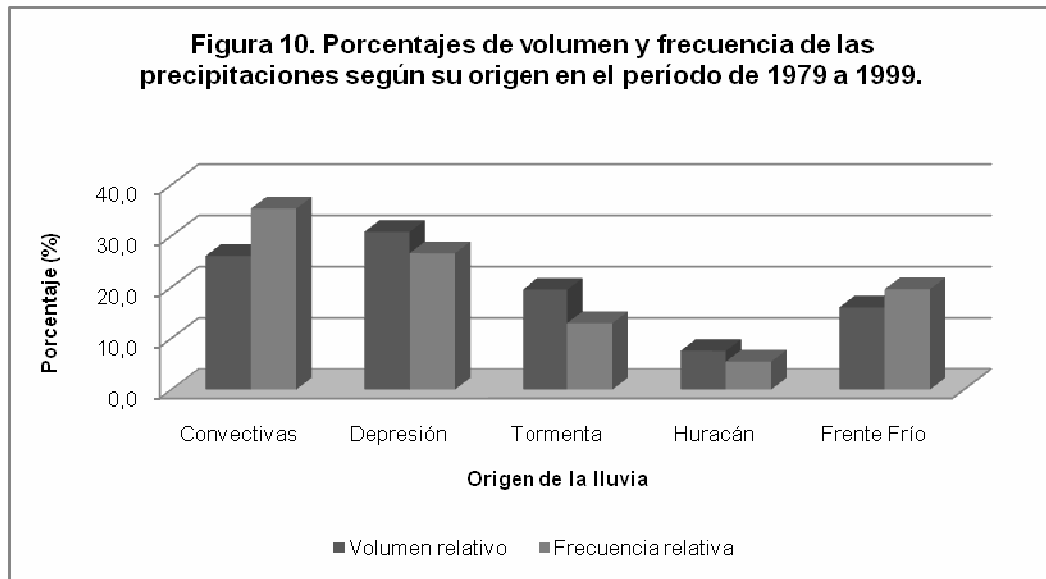
Los estadísticos descriptivos no evidencian gran variación en la frecuencia de las precipitaciones anuales (N=21; Media: 0,2153; Desv. Típica: 0,0399; Error Típico: 0,0087), pero la curva que describen los datos de la serie cronológica correspondiente y la ecuación de su recta de ajuste reflejan una cierta tendencia al incremento (Figura 9).



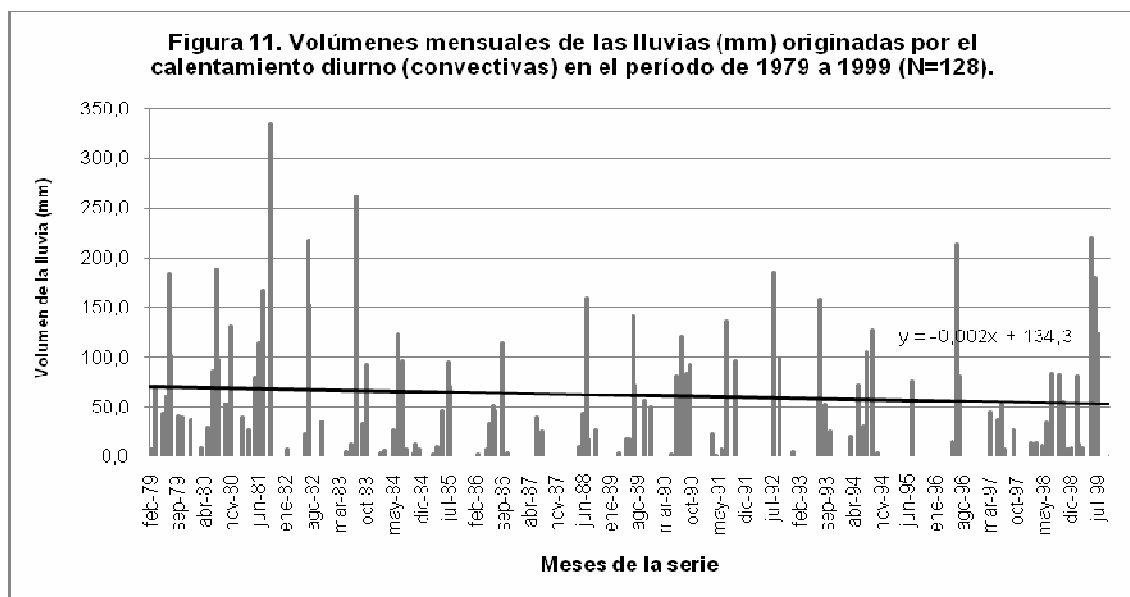
Al someter los datos a la prueba de Mann-Kendall se aprecia una tendencia al incremento de la frecuencia de las precipitaciones, en coincidencia con los resultados obtenidos al analizar la frecuencia de las precipitaciones mensuales (Tau de Kendall: 0,350; S: 73,000; p-valor bilateral: 0,029; alfa: 0,05); sin embargo, al tener en cuenta la estacionalidad (Tau de Kendall: 0,279; S': 25,000; p-valor bilateral: 0,128; alfa: 0,05), no se puede confirmar la existencia de la referida tendencia. Esto último indica que la tendencia al aumento (muy ligero) en la frecuencia de las precipitaciones encontrada antes para la lluvia mensual no se manifiesta en la frecuencia de las precipitaciones anuales al considerar la estacionalidad.

III.3.7. La ocurrencia de precipitaciones según su origen

La prueba de Kruskal-Wallis (Chi-cuadrado: 109,446; gl: 4; sig. asintótica: 0,000) mostró diferencias significativas en los volúmenes de las precipitaciones según su origen para los datos de lluvia (mm) por día de la serie 1979-1999. Según se aprecia en la Figura 10, los mayores volúmenes de precipitación ocurren en las depresiones (30,8%), seguidos en orden decreciente por las lluvias convectivas (26,1%), las tormentas tropicales (19,5%), los frentes fríos (16,0%) y los huracanes (7,5%). Como es de esperar, la mayor frecuencia de precipitaciones (porcentaje del total de días de lluvia) corresponde a las lluvias convectivas (35,4%), seguidas de las depresiones (26,6%), los frentes fríos (19,6%), las tormentas tropicales (13,0%) y los huracanes (5,5%).

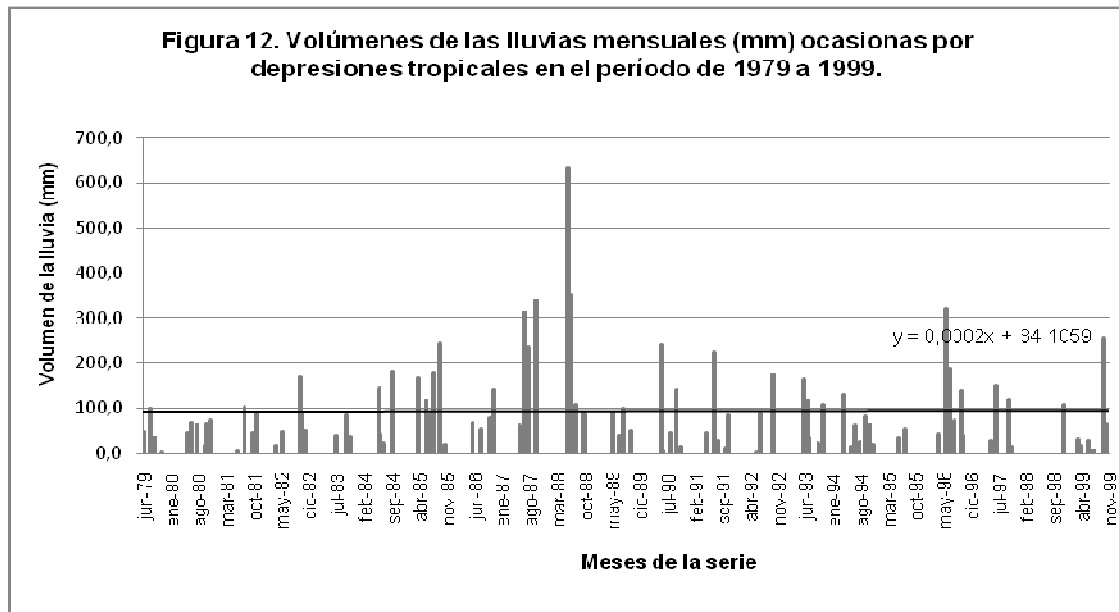


En la la distribución de las lluvias mensuales (totales de cada mes) ocasionadas por el calentamiento diurno (Figura 11) en toda la serie analizada (1979-1999) se observa una ligera declinación y una variación considerable (N: 251; Media: 31,4; Desv. típica: 53,631).



Al someter los datos a la prueba de Mann-Kendall (Tau de Kendall: -0,049; S: -1338,000; p-valor bilateral: 0,284; alfa: 0,05) no se puede constatar una tendencia en la frecuencia de las precipitaciones; sin embargo, al tener en cuenta la estacionalidad (Tau de Kendall: -0,085; S': -182,000; p-valor bilateral: 0,051; alfa: 0,05), aunque no se puede confirmar la existencia de la referida tendencia para el nivel de significación del análisis (95%), se percibe una cierta significación marginal (riesgo de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera: 5,08%).

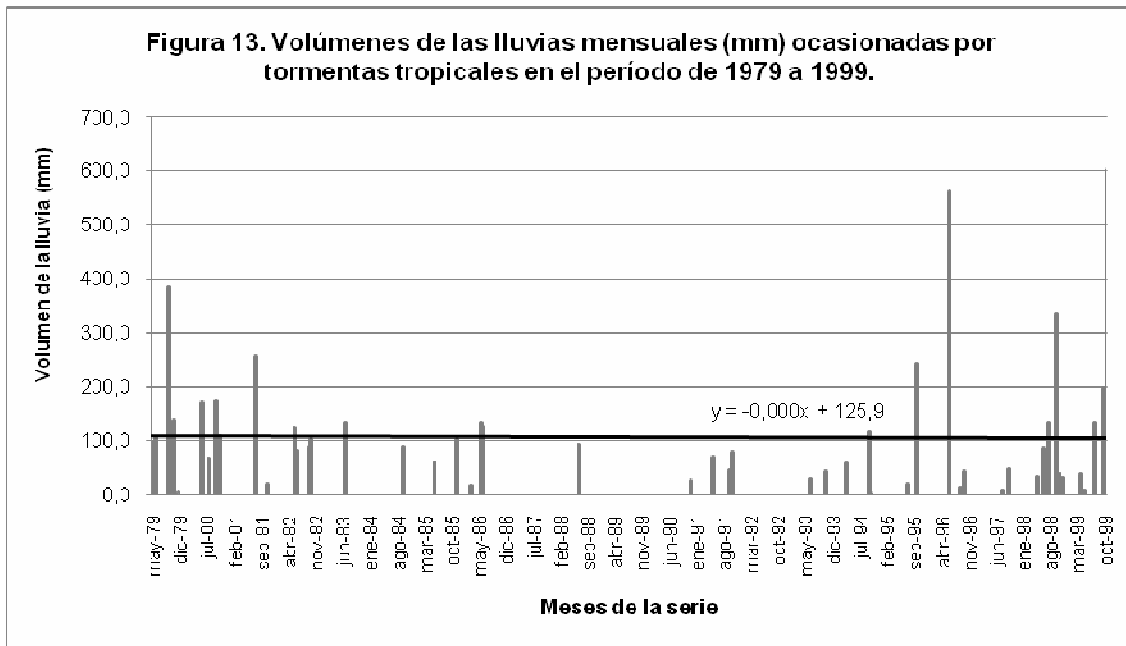
Esto concuerda con la opinión generalizada de las personas residentes en la localidad que refieren una disminución de las lluvias que relacionan con la pérdida de importantes áreas de bosque debidas a la conversión en pastizales y a los incendios forestales.



Las precipitaciones mensuales ocasionadas por depresiones tropicales (Figura 12), aunque muestran una considerable variación (Meses: 251; Media: 37,1; Desv. típica: 75,276), en general no marcan un aumento apreciable, aunque la pendiente de la recta de ajuste es positiva.

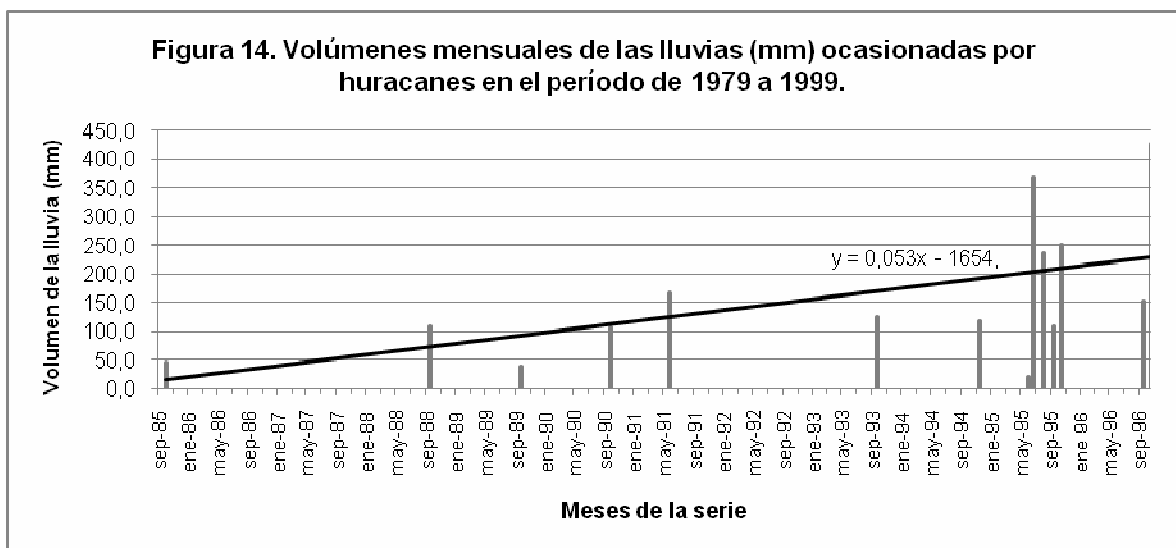
Al someter los datos a la prueba de Mann-Kendall considerando la estacionalidad (Tau de Kendall: -0,020; S': -68,000; p-valor bilateral: 0,725; alfa: 0,05) no se aprecia una tendencia en el volumen de las precipitaciones. Esto es consistente con una ocurrencia relativamente estable de las depresiones durante el período evaluado, con la excepción de Junio de 1988, cuando tuvieron lugar lluvias muy intensas, alcanzándose un volumen total particularmente elevado.

Los volúmenes de lluvia mensual correspondientes a las tormentas tropicales (Figura 13) se comportan de manera similar, es decir, muestran una variación considerable (Meses: 251; Media: 23,5; Desv. típica: 71,809), pero en general no marcan una disminución apreciable, aunque la pendiente de la recta de ajuste es negativa.



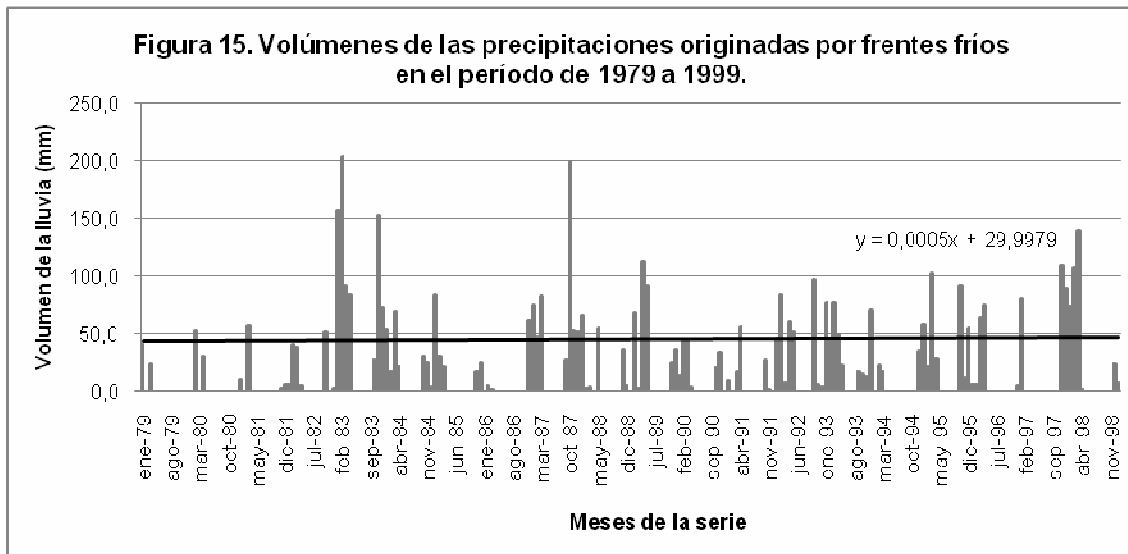
Al someter los datos a la prueba de Mann-Kendall con estacionalidad (Tau de Kendall: 0,025; S': 27,000; p-valor bilateral: 0,864; alfa: 0,05) no se puede admitir tendencia. Esto indica que la ocurrencia de las tormentas tropicales no puede asociarse a ninguna tendencia con independencia del aumento de los volúmenes en ciertos meses que se vinculan a eventos caracterizados por lluvias intensas.

Los volúmenes de lluvia mensual correspondientes a los huracanes (Figura 14) experimentan un claro aumento en el tiempo y muestran una variación considerable (Meses: 252; Media: 9,05; Desv. típica: 46,245), aunque la pendiente de la recta de ajuste no es elevada.



La prueba de Mann-Kendall con estacionalidad (Tau de Kendall: 0,117; S': 612,000; p-valor bilateral: 0,026; alfa: 0,05) confirma la existencia de una tendencia al incremento de las precipitaciones ocasionadas por huracanes. Esto se corresponde con el aumento que tuvo la ocurrencia de huracanes en el período reciente, y el cambio climático global.

Los volúmenes de lluvia mensual correspondientes a los frentes fríos (Figura 15) muestran una variación considerable (Meses: 252; Media: 19,2; Desv. típica: 34,982) y un ligero aumento, aunque la pendiente de la recta de ajuste no es elevada.

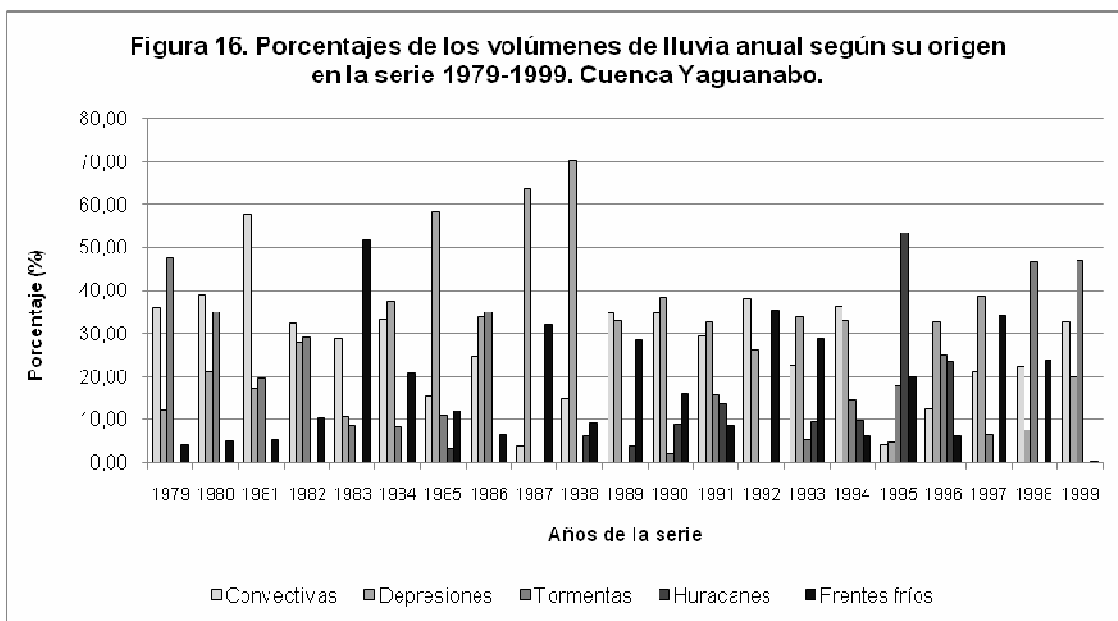


Al someter los datos a la prueba de Mann-Kendall con estacionalidad (Tau de Kendall: 0,006; S': 25,000; p-valor bilateral: 0,906; alfa: 0,05) no se puede aceptar la existencia de tendencia. Esto indica que el comportamiento de los frentes fríos, con independencia de algunos eventos excepcionalmente lluviosos, se puede considerar estable en la serie analizada.

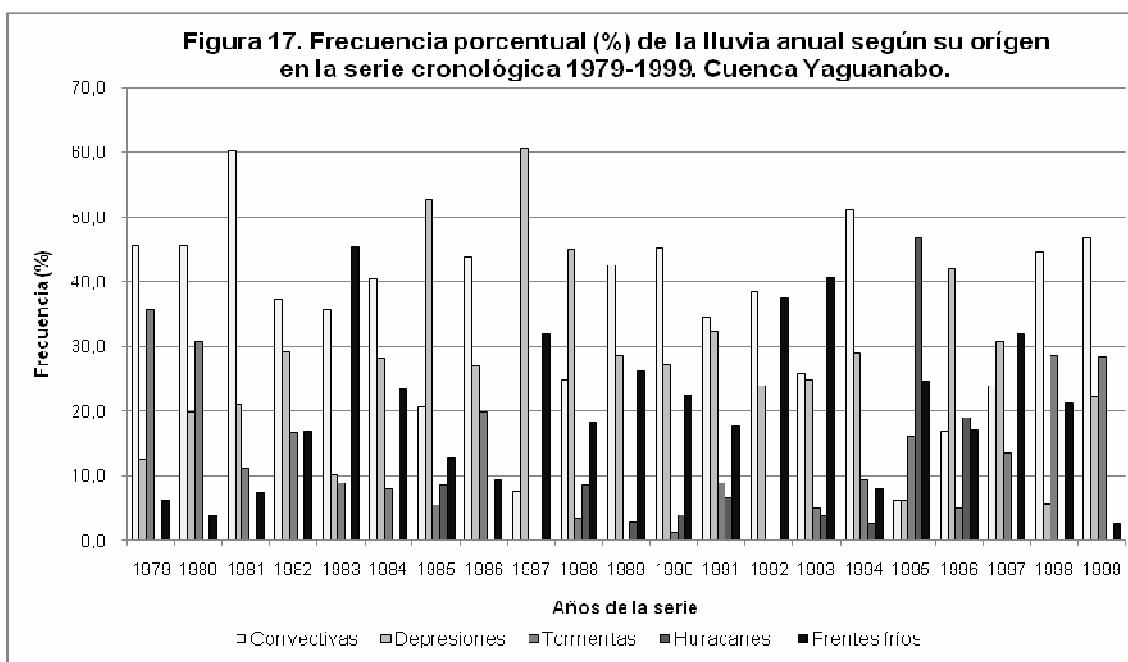
III.3.8. ¿Han tenido lugar variaciones en la proporción de las precipitaciones según su origen a través del tiempo?

Lo hasta aquí discutido con relación al comportamiento de las precipitaciones según su origen parece validar la hipótesis inicial respecto a variaciones en proporción del volumen y la frecuencia de las precipitaciones a través del tiempo, pero aún quedaría por analizar si ha habido cambios en los acumulados de las precipitaciones anuales por origen, tanto en volumen como en frecuencia de las lluvias.

La Figura 16 muestra los porcentajes correspondientes a las lluvias de cada año de la serie según su origen. Como se puede comprobar, cada año ha tenido una participación volumétrica completamente distinta de las lluvias de cada origen.



De la misma manera, la frecuencia de participación (Figura 17) ha cambiado de un año a otro y es muy difícil encontrar años parecidos en cuanto al número de lluvias por origen.



Se puede inferir entonces que han tenido lugar variaciones en la proporción de las precipitaciones según su origen en la serie estudiada.

La acidez de las lluvias en la cuenca del río Yaguanabo

Dados los impactos que pueden tener las lluvias ácidas sobre las condiciones edáficas de la cuenca, ha sido de interés seguir en lo posible la evolución de la acidez de las precipitaciones en la serie de datos disponibles. Para efectuar los análisis correspondientes se ha utilizado los datos de concentración de hidrogeniones ($[H^+]$) obtenidos a partir de las mediciones del pH de las lluvias diarias ocurridas en la cuenca Yaguanabo en el período entre 1994 y 1999.

La concentración de hidrogeniones $[H^+]$ en el período 1994-1999

Los datos de $[H^+]$ de las lluvias ocurridas en la cuenca durante el período analizado mostraron diferencias significativas (Chi-cuadrado: 296,429; gl: 35; sig. asintótica: 0,000). Esto indica que existe una variación importante de la acidez de las lluvias (N: 504; Media: 1,136E-005; Desv. típica: 1,9871E-005; Mínimo: 6,3E-009; Máximo: 2,0E-004).

La prueba de Kruskal-Wallis devolvió diferencias significativas para los datos de concentración de hidrogeniones por meses (Chi-cuadrado: 54,398; gl: 11; sig. asintótica: 0,000), lo que sugiere que el pH de las lluvias puede diferir según el mes. Pero no se observa ningún patrón en el orden de los valores medios que toma la variable para cada uno de los meses en la serie analizada, ni en la variación de los valores de $[H^+]$ registrados para cada día de lluvia (Cuadro 3).

Cuadro 3. Estadísticos descriptivos de la $[H^+]$ correspondientes a las lluvias por mes ocurridas en la cuenca Yaguanabo durante el período 1994-1999.

Meses	N	Media	Orden	Desv. típica	Mínimo	Máximo
Enero	23	9,6487E-06	9	1,93184E-05	1,30E-07	7,90E-05
Febrero	14	1,64793E-05	2	1,89798E-05	3,20E-07	6,30E-05
Marzo	24	1,44592E-05	3	2,13743E-05	2,00E-07	7,90E-05
Abril	17	1,04306E-05	8	1,93707E-05	6,30E-07	7,90E-05
Mayo	39	8,7358E-06	10	1,66372E-05	6,30E-09	7,90E-05
Junio	68	1,15734E-05	5	1,70605E-05	1,30E-07	7,90E-05
Julio	51	7,03388E-06	11	1,18106E-05	7,90E-08	6,30E-05
Agosto	58	1,87971E-05	1	3,36321E-05	3,20E-08	2,00E-04
Septiembre	84	1,0624E-05	7	1,91848E-05	6,30E-08	7,90E-05
Octubre	75	1,23017E-05	4	1,65962E-05	1,30E-07	7,90E-05
Noviembre	31	1,11948E-05	6	1,73884E-05	1,60E-07	7,90E-05
Diciembre	20	1,711E-06	12	2,24288E-06	1,30E-07	7,90E-06

Esto sugiere un carácter estocástico para la distribución de los valores de $[H^+]$ que pudiera relacionarse con la ocurrencia de eventos meteorológicos, como se verá más adelante.

Al intentar identificar los meses que presentan diferencias significativas respecto a la distribución de los valores de $[H^+]$ de las lluvias se encontró también una distribución bastante estocástica de las referidas diferencias (Cuadro 4), difícilmente explicables a la luz de los datos e informaciones disponibles.

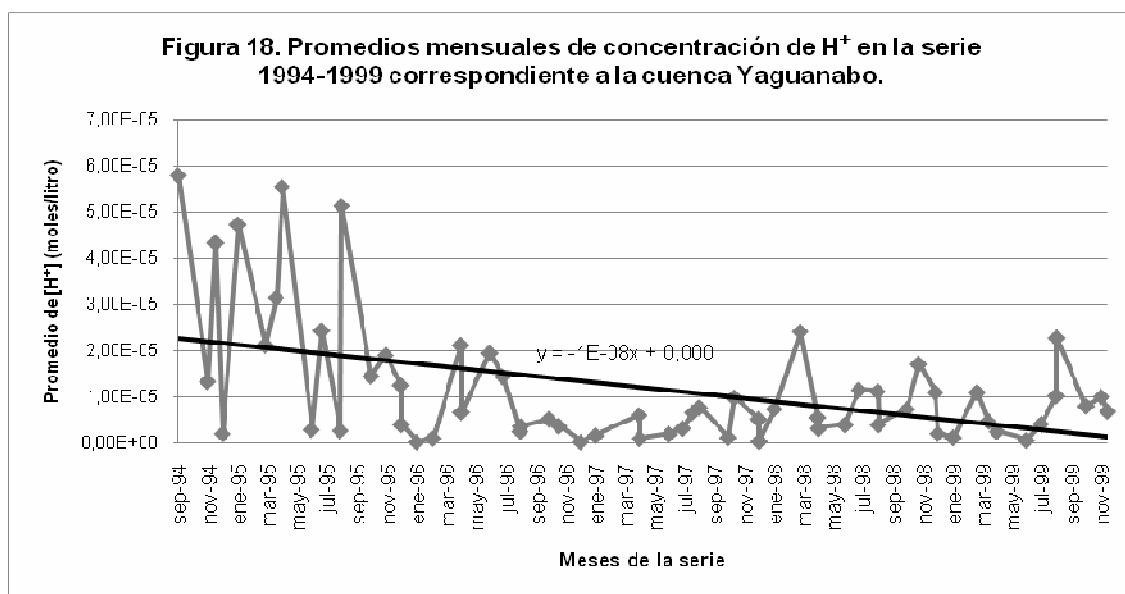
Cuadro 4. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para la concentración de hidrogeniones medias por meses (moles/litro) de las lluvias en el período 1994-1999 (N válido según lista: 14).

Meses a comparar		Z	Sig. asintót. bilateral	Meses a comparar		Z	Sig. asint. bilateral	Meses a comparar		Z	Sig. asint. bilateral
Ene	Feb	-1,977a	0,048*	Mar	May	-0,365b	0,715	May	Dic	-3,139b	0,002**
Ene	Mar	-1,217a	0,223	Mar	Jun	-1,567a	0,117	Jun	Jul	-1,676b	0,094
Ene	Abr	-0,118b	0,906	Mar	Jul	-2,714b	0,007**	Jun	Ago	-0,035a	0,972
Ene	May	-1,088a	0,277	Mar	Ago	-1,025a	0,305	Jun	Sep	-1,110b	0,267
Ene	Jun	-2,524a	0,012*	Mar	Sep	-1,186a	0,236	Jun	Oct	-0,536a	0,592
Ene	Jul	-0,896b	0,370	Mar	Oct	-0,129a	0,898	Jun	Nov	-1,936b	0,053
Ene	Ago	-1,445a	0,149	Mar	Nov	-0,517b	0,605	Jun	Dic	-3,824b	0,000**
Ene	Sep	-1,899a	0,058	Mar	Dic	-3,360b	0,001**	Jul	Ago	-1,875a	0,061
Ene	Oct	-1,430a	0,153	Abr	May	-0,403a	0,687	Jul	Sep	-0,005a	0,996
Ene	Nov	-0,548a	0,584	Abr	Jun	-2,249a	0,025*	Jul	Oct	-2,020a	0,043*
Ene	Dic	-1,774b	0,076	Abr	Jul	-1,267b	0,205	Jul	Nov	-1,059a	0,289
Feb	Mar	-0,063b	0,950	Abr	Ago	-2,741a	0,006**	Jul	Dic	-1,176b	0,240
Feb	Abr	-0,785b	0,433	Abr	Sep	-1,705a	0,088*	Ago	Sep	-2,048b	0,041*
Feb	May	-1,434b	0,152	Abr	Oct	-0,966a	0,334	Ago	Oct	-1,371b	0,170
Feb	Jun	-0,942a	0,346	Abr	Nov	-0,621a	0,535	Ago	Nov	-1,416b	0,157
Feb	Jul	-2,543b	0,011*	Abr	Dic	-3,413b	0,001*	Ago	Dic	-3,061b	0,002**
Feb	Ago	-1,350a	0,177	May	Jun	-2,897a	0,004**	Sep	Oct	-1,560a	0,119
Feb	Sep	-0,594a	0,552	May	Jul	-0,543b	0,587	Sep	Nov	-0,391b	0,696
Feb	Oct	-0,628b	0,530	May	Ago	-1,750a	0,080	Sep	Dic	-3,219b	0,001**
Feb	Nov	-0,706b	0,480	May	Sep	-0,438a	0,662	Oct	Nov	-0,962b	0,336
Feb	Dic	-2,606b	0,009**	May	Oct	-1,564a	0,118	Oct	Dic	-3,461b	0,001**
Mar	Abr	-1,444b	0,149	May	Nov	-0,192b	0,848	Nov	Dic	-2,911b	0,004**

a Basado en los rangos negativos; b Basado en los rangos positivos.

La prueba de Kruskal-Wallis encontró diferencias significativas entre los datos de concentración de H^+ por mes de la serie analizada (Chi-cuadrado: 29,483; gl: 11; Significación asintótica: 0,002).

Las concentraciones medias de H^+ de las precipitaciones mensuales que ocurrieron en la cuenca en el período analizado muestran una variación importante ($N=504$; Mínimo= $6,3E-009$; Máximo= $2,0E-004$; Media= $1,136E-005$; Desv. Típica= $1,9871E-005$), como puede apreciarse en la Figura 18. La gráfica, indica una tendencia a la disminución en el tiempo.



Al someter los datos a la prueba de Mann-Kendall teniendo en cuenta la estacionalidad (Tau de Kendall: -0,217; S': - 26,000; p-valor bilateral: 0,077; alfa: 0,05), no se puede rechazar la hipótesis nula, lo que significa que no se puede confirmar la existencia de tendencia en la serie.

Al comparar las épocas seca y húmeda respecto a la concentración de hidrogeniones $[H^+]$ mediante la prueba de Kruskal-Wallis, se encontró también diferencias significativas (Chi-cuadrado: 24,946; gl: 1; sig. asintótica: 0,000). De acuerdo con los estadísticos descriptivos de la variable (Cuadro 5), la época seca presenta un valor medio de $[H^+]$ (2,0900E-005; pH: 4,68) mayor que el de la época lluviosa (8,0880E-006; pH: 5,09), contrario a lo que cabe esperar considerando que en la época seca hay una mayor concentración de elementos terrígenos, mayoritariamente neutralizantes y, por consiguiente, es de esperar valores más altos de pH y que sea más patente la aparición de valores más ácidos en las lluvias de mayor caudal.

La época seca presenta una variación considerable respecto a la lluviosa que puede estar asociada al efecto de las frecuencias de las lluvias según los diferentes orígenes, sobre la concentración media de H^+ . Al comparar las lluvias según su origen respecto a la concentración de hidrogeniones $[H^+]$ usando a Kruskal-Wallis, se encontró diferencias altamente significativas (Chi-cuadrado: 110,321; gl: 4; sig. asintótica: 0,000).

Cuadro 5. Estadísticos descriptivos de la variable $[H^+]$ correspondientes a las lluvias ocurridas en las épocas seca y lluviosa del período 1994-1999 en la cuenca Yaguanabo.

Concentración de H^+	N	Media	Desv. típica	Error típico	Mínimo	Máximo
Época Seca	129	2,0900E-005	2,97776E-005	2,62177E-006	6,30957E-08	0,000199526
Época Lluviosa	375	8,0880E-006	1,36093E-005	7,02782E-007	6,30957E-09	7,94328E-05
Total	504	1,1367E-005	1,98665E-005	8,84924E-007	6,30957E-09	0,000199526

De acuerdo con los estadísticos descriptivos de la variable (Cuadro 6), el orden por origen de las lluvias muestra a las ocasionadas por huracanes como las de mayor concentración media de hidrogeniones, seguidas de las lluvias de tormentas, frentes fríos, depresiones y, por último, las convectivas.

Cuadro 6. Estadísticos descriptivos de la variable $[H^+]$ correspondientes a las lluvias según su origen del período 1994-1999 en la cuenca Yaguanabo.

Origen	N	Media	Orden	Desv. típica	Mínimo	Máximo
Convectivas	144	8,11002E-06	5	1,2540E-05 5	6,3000E-09	6,3000E-05
Depresiones	107	1,0243E-05	4	1,6859E-05 4	6,3000E-08	7,9000E-05
Tormentas	97	1,15255E-05	2	1,9454E-05 3	3,2000E-08	1,0000E-04
Huracanes	65	2,00476E-05	1	3,2129E-05 1	1,6000E-07	2,0000E-04
Frentes fríos	91	1,14602E-05	3	2,0142E-05 2	1,3000E-07	7,9000E-05

Los huracanes muestran la mayor variación en la concentración de hidrogeniones $[H^+]$, seguidos de los frentes fríos, las tormentas, las depresiones y las lluvias convectivas. Los valores más altos de $[H^+]$ corresponden a los huracanes, los otros eventos que se originan fuera del territorio (depresiones, tormentas y frentes fríos) muestran valores intermedios y los valores más bajos

pertenecen a las lluvias convectivas. Esto sugiere que los elementos que dan lugar a la acidez de las lluvias son mayormente capturados, ya por los fenómenos de circulación ciclónica, ya por el avance de los sistemas frontales de la temporada invernal, pero son poco frecuentes en las lluvias que se originan localmente por el calentamiento diurno. Aunque se tienen referencias de la disminución del pH de la lluvia entre 1989 y 1995 en la estación meteorológica de Colón, provincia de Matanzas, Cuba, asociada a las altas tasas de emisión de NH_3 del territorio debidas a la actividad ganadera (López 2006), el carácter extensivo de la ganadería que se practica en la cuenca Yaguanabo permite descartar esta posibilidad.

De acuerdo con la prueba de los rangos con signo de Wilcoxon (Cuadro 7), respecto a la distribución de los valores de $[\text{H}^+]$, las lluvias convectivas difieren significativamente de las depresiones, tormentas y huracanes; además, las depresiones difieren también de los huracanes, las tormentas de los huracanes y frentes fríos, y estos últimos de los huracanes. Con esto se percibe que no es posible, con la información y los datos disponibles actualmente, discernir las causas y los procesos que originan la acidez de las lluvias que ocurren en la cuenca, pero queda claro que los elementos acidificantes son importados y que las lluvias generadas localmente no tienen un aporte significativo de acidez.

Cuadro 7. Prueba de los rangos con signo de Wilcoxon para la concentración de hidrogeniones (moles/litro) de las lluvias según su origen en el período 1994-1999 (N válido según lista: 65).

Orígenes de las lluvias a comparar		Estadísticos de contraste	
		Z	Sig. asint. bilateral
Convectivas	Depresiones	-3,093(a)	0,002**
Convectivas	Tormentas	-4,832(a)	0,000**
Convectivas	Huracanes	-4,267(a)	0,000**
Convectivas	Frentes fríos	-,940(a)	0,347
Depresiones	Tormentas	-1,724(a)	0,085
Depresiones	Huracanes	-3,173(a)	0,002**
Depresiones	Frentes fríos	-1,646(b)	0,100
Tormentas	Huracanes	-1,974(a)	0,048*
Tormentas	Frentes fríos	-3,377(b)	0,001**
Huracanes	Frentes fríos	-3,872(b)	0,000**

a Basado en los rangos negativos.

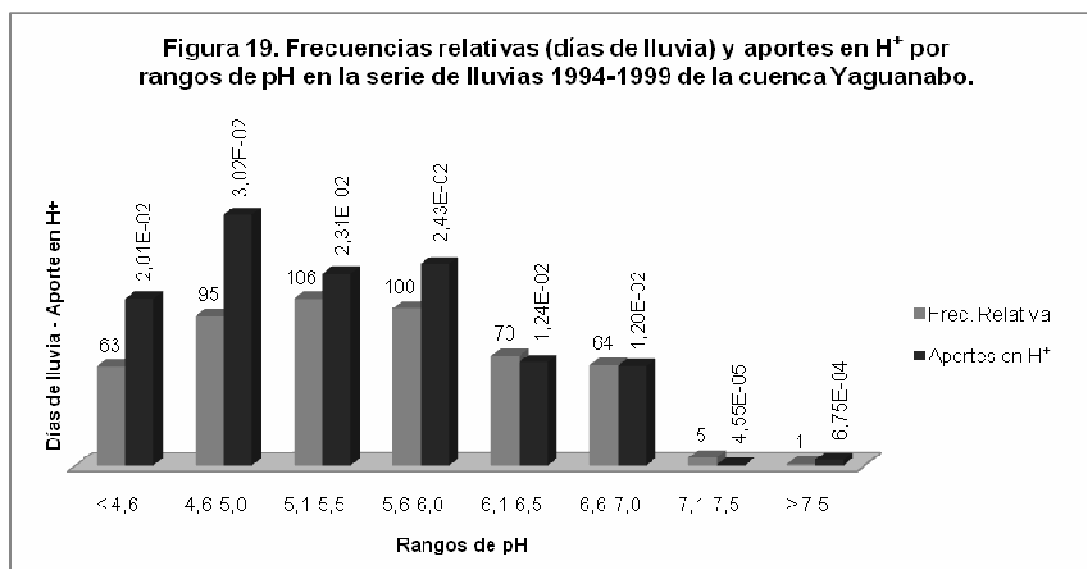
b Basado en los rangos positivos.

Queda entonces refutada una hipótesis inicialmente manejada de que los frentes fríos podían originar las lluvias de mayor acidez, dada su circulación por zonas de fuerte desarrollo industrial del sur de EUA y norte de México. Y es que los fenómenos de circulación ciclónica abarcan radios muy grandes y pueden también recoger no sólo emisiones industriales de óxidos de azufre y nitrógeno y sustancias aportadas por ciertos procesos naturales y antrópicos de origen territorial, sino también ciertos contaminantes que se originan a grandes distancias, especialmente aerosoles de sulfatos provenientes de emisiones antrópicas de SO_2 (López 2006).

El pH, el caudal y la frecuencia de las lluvias en la cuenca

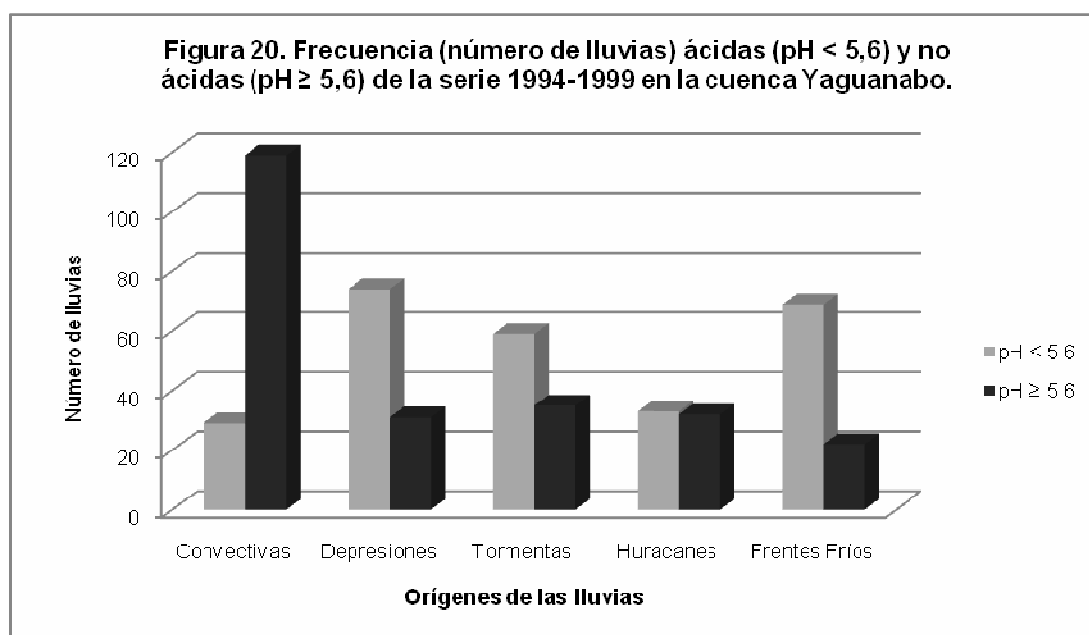
Las correlaciones no paramétricas entre los volúmenes de precipitación (mm) y las concentraciones de hidrogeniones no son significativas (Tau_b de Kendall: -0,004; sig. bilateral: 0,888; Rho de Spearman: -0,004; sig. bilateral: 0,921; N: 504) y muestran coeficientes muy bajos de signo negativo, indicando que las lluvias de mayor caudal tienen menor acidez, aunque esto, como ya se ha referido, no es significativo.

Para una valoración más acertada del efecto potencial de la acidez de la lluvia se ha considerado emplear los aportes en H^+ , puesto que tienen en cuenta no sólo la concentración de hidrogeniones, sino también el volumen acumulado de las precipitaciones. Asimismo, la utilización de una escala de rangos de pH que distingue las lluvias ácidas ($pH < 5,6$) de las no ácidas ($pH \geq 5,6$) partiendo de los criterios de López (2006), permitió evaluar los niveles de acidez de las lluvias ocurridas en la cuenca Yaguanabo en el período 1994-1999 (Figura 19).

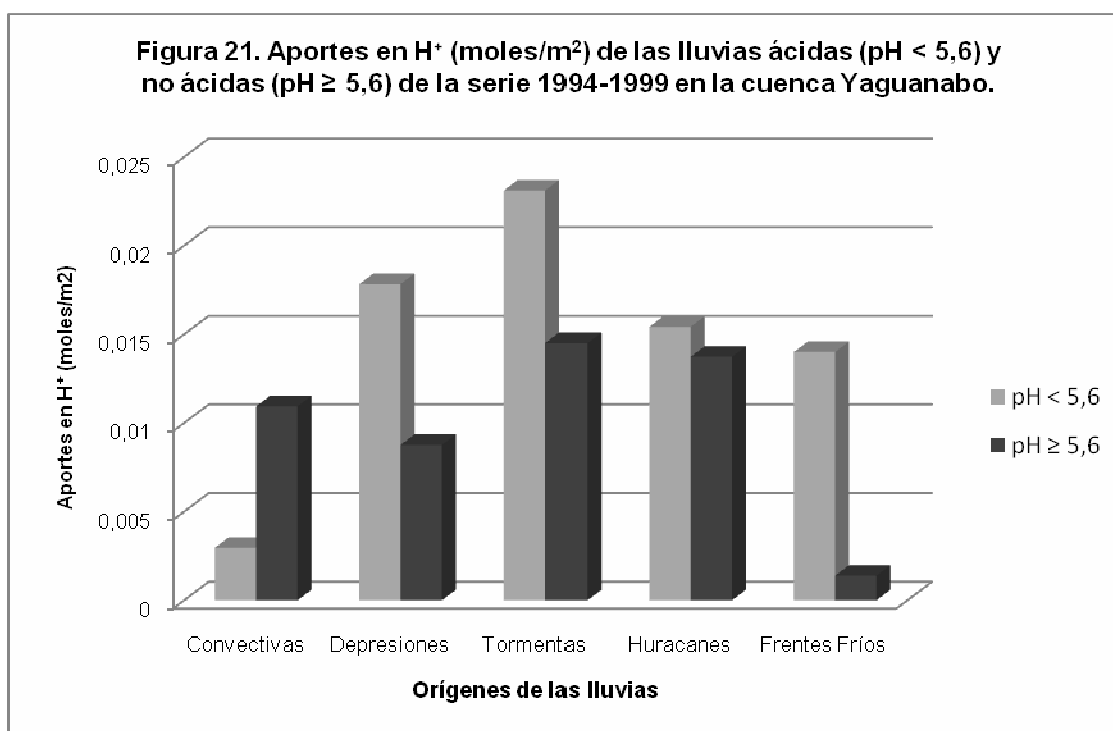


La frecuencia porcentual de las lluvias ácidas ($pH < 5,6$) es sólo ligeramente superior que la de las no ácidas ($pH \geq 5,6$) al acumular el 52,38% y 47,62%, respectivamente, pero los correspondientes aportes en H^+ muestran una diferencia apreciable, siendo del 59,76% ($7,34E-02$ moles/m²) para las lluvias ácidas y del 40,24% ($4,94E-02$ moles/m²) para las no ácidas. Esto significa que más de la mitad de las lluvias que ocurren en la cuenca son ácidas y estas originan un 60% de los aportes en H^+ . Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre los aportes en H^+ de las lluvias según los rangos de pH (Kruskal-Wallis; Chi-cuadrado: 12,529; gl: 7; Sig. asintótica: 0,084). La proporción de lluvias ácidas y no ácidas dentro de cada origen (Figura 20) muestra a las convectivas como las de menor ocurrencia de lluvias ácidas y a los frentes fríos como los de mayor incidencia de lluvias con $pH < 5,6$.

Excepto en las convectivas, todos los orígenes muestran un predominio de lluvias ácidas, pero en los huracanes las proporciones son muy similares (ácidas: 33; no ácidas: 32). Se confirma aquí que las lluvias que se originan fuera de la localidad son predominantemente ácidas, mientras que en las convectivas la proporción es francamente hacia las lluvias no ácidas (ácidas: 26; no ácidas: 118).



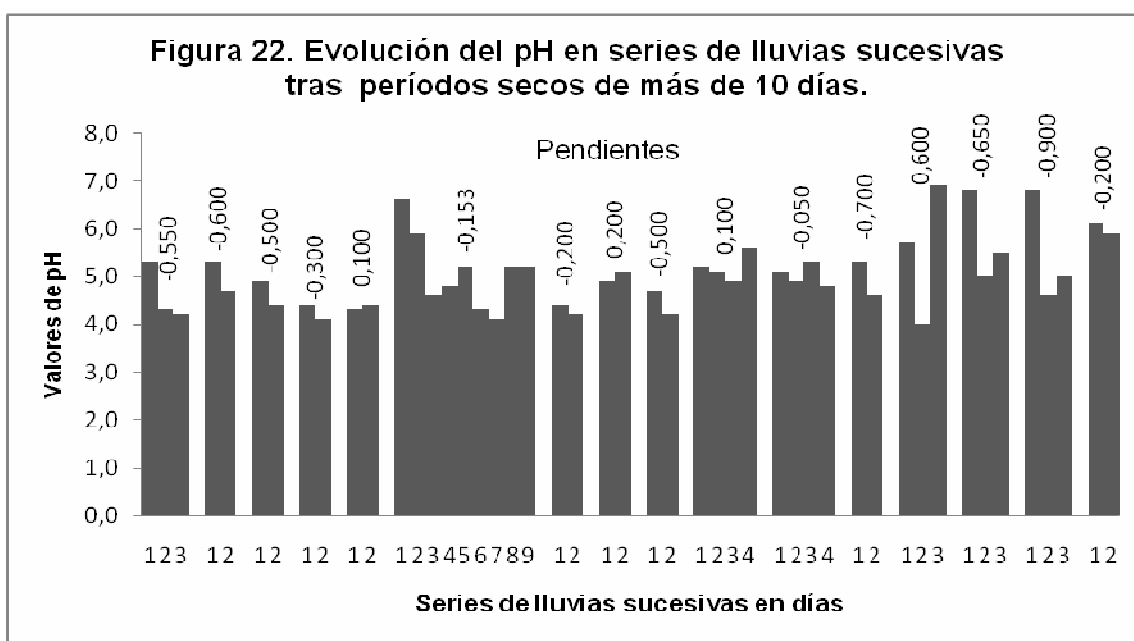
En cuanto a los aportes en H^+ (Figura 21), en todos los orígenes, excepto en las convectivas, los mayores aportes se deben a las lluvias ácidas, aunque en los huracanes las proporciones son similares. El peso de las lluvias ácidas en los aportes de H^+ es muy acusado en los frentes fríos, en los que las lluvias no ácidas aportan francamente poco.



Estos resultados, como ya se ha referido, pueden explicarse por las características de las precipitaciones que generalmente tienen su origen en organismos que se forman a gran distancia y, por el recorrido que realizan o por los grandes radios de circulación ciclónica, pueden incorporar contaminantes provenientes de los procesos industriales, e incluso naturales, que ocurren en una amplia región que abarca desde la zona occidental de

África por el océano Atlántico, el Caribe, Centroamérica, el golfo de México y el centro sur de EUA.

La evolución del pH en grupos de lluvias sucesivas tras un periodo seco apreciable (Figura 22), se comporta como sería esperable (...) en la serie de datos analizada (1994-1999), con un descenso paulatino desde el primer día. El predominio de pendientes negativas (12 casos de 16) evidencia que en general tiene lugar un descenso en los valores de pH desde el primer día de cada serie de lluvias. Las series de lluvias con aumento del valor de pH (pendientes positivas) (4 casos de 16) se pueden considerar atípicas. Téngase en cuenta que al escoger las series de lluvias para este análisis sólo se consideró la condición de que estén precedidas de un período seco apreciable (no menos de 10 días), pero otros factores como el volumen y el origen de las precipitaciones pueden haber afectado los valores de pH obtenidos.



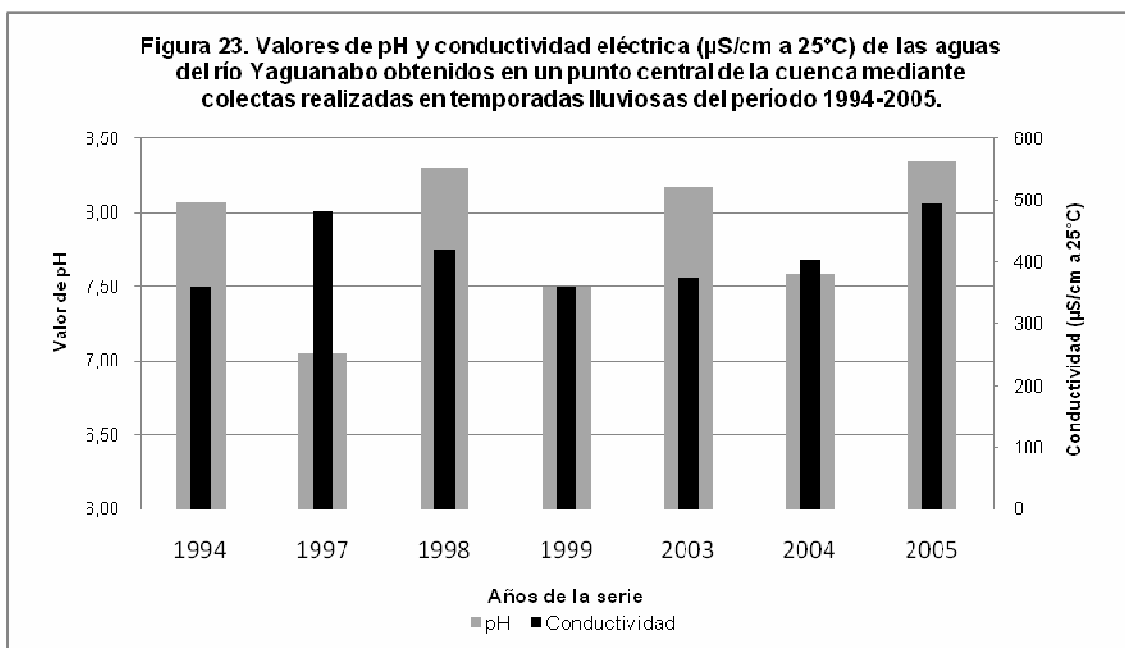
Esto supone un aumento de los aportes en H^+ cuando tienen lugar eventos lluviosos que se prolongan por varios días, los que generalmente son exógenos, principalmente depresiones, tormentas tropicales o huracanes, puesto que los frentes fríos no suelen ocasionar lluvias por más de un día al paso de cada evento y las lluvias convectivas solo ocasionalmente ocurren en varios días sucesivos en la cuenca de referencia.

Es de mucho interés conocer si existe alguna tendencia en la evolución de los aportes de H^+ que recibe la cuenca, dados los impactos que estos pueden tener sobre la calidad de los suelos y las aguas que, a la postre, inciden sobre la productividad y los procesos vitales de los ecosistemas presentes. En tal sentido, de acuerdo con la prueba estacional de Mann-Kendall (Tau de Kendall: -0,117; S': -14,000; p-valor (bilateral): 0,358; alfa: 0,05) no se debe rechazar la hipótesis nula, pues el riesgo de hacerlo siendo esta verdadera es demasiado alto (35,80%). Es decir, aunque el valor de S' sugiere una declinación en el tiempo de los aportes en H^+ , no se puede admitir la existencia de tendencia.

III.3.9. Algunas observaciones sobre el pH y la conductividad del agua del río Yaguanabo

Entre los impactos más sensibles de las lluvias ácidas está la transformación que puede tener la composición del agua del río Yaguanabo, del cual se sirven la población humana residente en la cuenca, otros asentamientos poblacionales localizados aguas abajo, incluyendo centros de la producción y el turismo, la ganadería, la agricultura y la fauna silvestre, constituyendo el propio río un reservorio de importantes especies.

La Figura 23 muestra los resultados de mediciones efectuadas a muestras de las aguas del río durante las temporadas lluviosas en un punto central de la cuenca, a unos 250 m aguas arriba de la comunidad local Yaguanabo Arriba.



Aunque se trata de valores puntuales obtenidos a manera de pesquisaje que no permiten hacer análisis estadísticos en los que se pueda establecer determinado grado de confiabilidad, vale la pena detenerse en estos resultados, sobre todo, porque son los únicos datos de este tipo que se han podido conseguir. Todos provienen del Laboratorio Provincial de Recursos Hidráulicos, los que corresponden a los años 1994, 1997, 1998 y 1999 fueron obtenidos del archivo de esta institución, mientras los correspondientes al período 2003-2005 provienen de las muestras tomadas por el equipo de colaboración que apoyó la presente investigación. Llama la atención que todos los valores de pH obtenidos están en el rango que prescriben las normas cubanas NC 93-11 y NC 93-02 que es de 6,5-8,5 unidades de pH. De la misma manera, los valores de conductividad eléctrica quedan por debajo del límite permisible ($1000 \mu\text{S}/\text{cm}$ a 25°C) según las normas de referencia.

La imposibilidad de asociar los valores de concentración de hidrogeniones $[\text{H}^+]$

de las aguas del río con las lluvias precedentes inmediatas priva de la

posibilidad de realizar un análisis detallado de la relación entre estas variables;

sin embargo, si se tienen en cuenta los promedios de $[H^+]$ y del aporte en H^+ de

las lluvias en cada época lluviosa del período 1994-1999 y los datos de $[H^+]$ y

conductividad eléctrica obtenidos en época lluviosa para las aguas del río Yaguanabo en años del período 1994-2005, es posible tener cierta idea de la referida relación entre variables, o cuando menos, formular algunas hipótesis

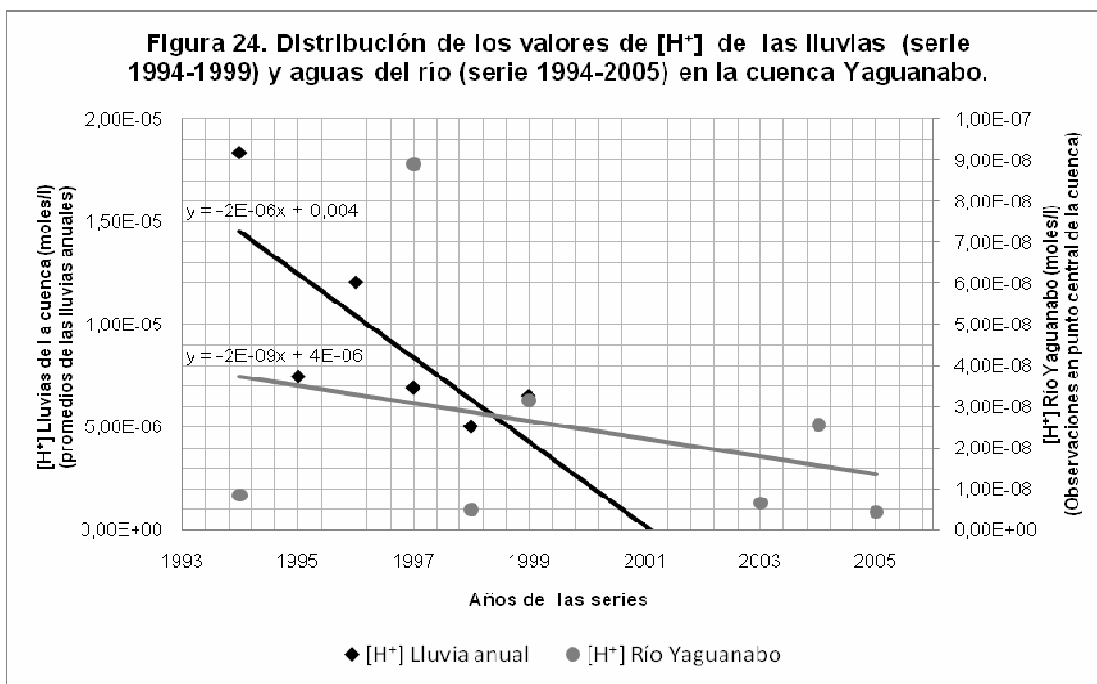
válidas. La $[H^+]$ del río Yaguanabo (Media: 2,44356E-08; N: 7) alcanza un

0,26% del promedio de $[H^+]$ de las lluvias en época lluviosa. La conductividad

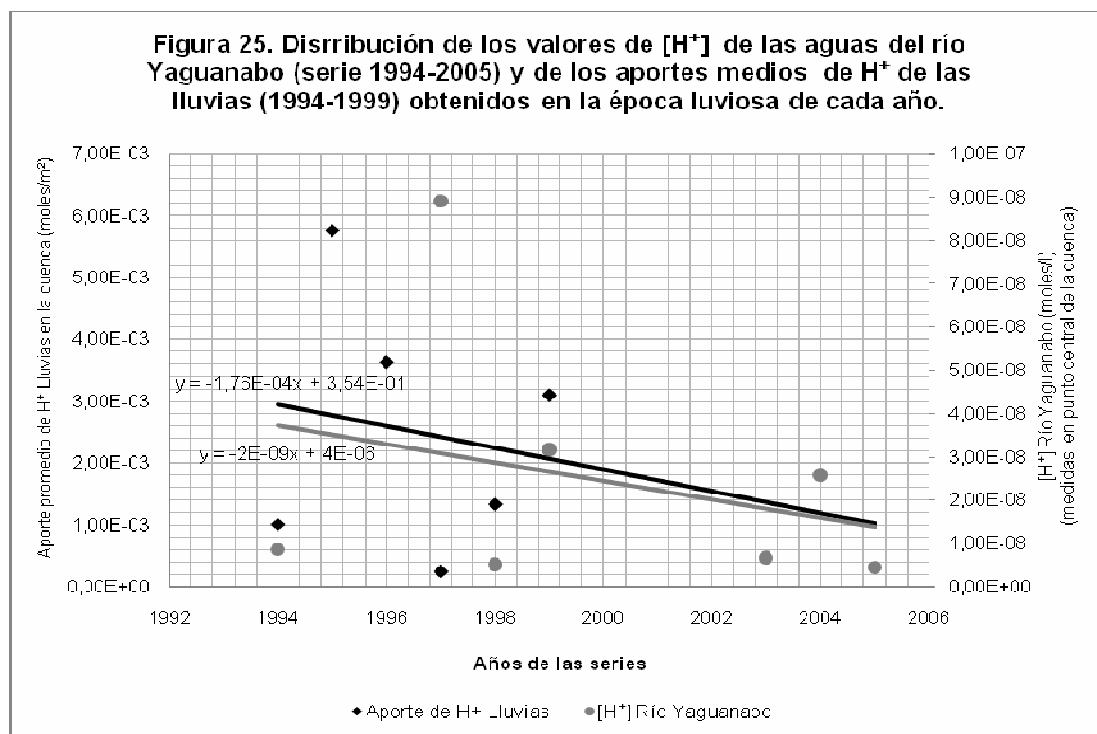
de las aguas del río alcanza una media de 414,14 $\mu S/cm$ (N: 7) frente a un

promedio de aporte en H^+ de 2,51E-03 moles/ m^2 (N: 6).

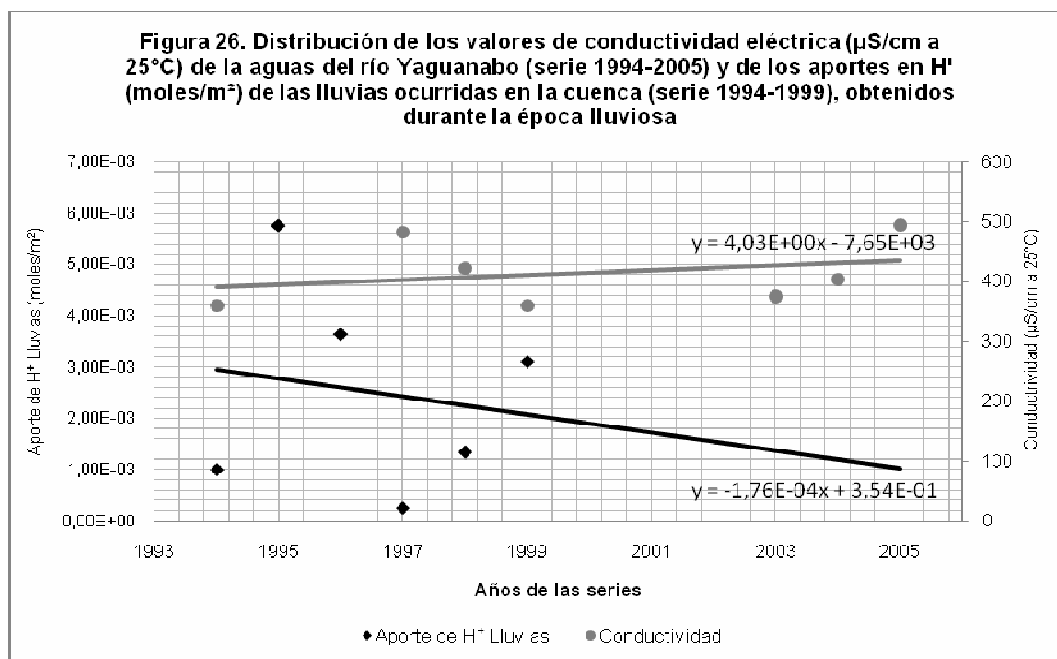
Por otro lado, los diagramas de distribución de las concentraciones de hidrogeniones de las lluvias correspondientes al período 1994-1999 y de las aguas del río Yaguanabo del período 1994-2005 (Figura 24) –aunque como ya se ha comentado, se trata de valores puntuales que no permiten análisis estadísticos de confiabilidad aceptable– muestran rectas de ajuste declinantes con pendientes negativas que sugieren la hipótesis de que estas variables pueden estar directamente relacionadas.



De acuerdo con la distribución de los aportes en H^+ de las lluvias (Figura 25), si no se encuentran evidencias de otras fuentes importantes de acidez, tal vez se puede arriesgar un poco más al concebir la hipótesis de que los niveles de concentración de hidrogeniones en el río pueden depender de los aportes de las lluvias, sobre todo, en la época lluviosa.



Es también sugerente, aunque menos evidente, el hecho de que los valores de conductibilidad eléctrica de las aguas del río Yaguanabo aumentan mientras disminuyen los aportes en H^+ de las lluvias (Figura 26).



Como ya se ha discutido, los valores de acidez (pH) y conductibilidad eléctrica del agua del río Yaguanabo quedan dentro de los límites que marcan las normas cubanas correspondientes, pero no hay que olvidar que se trata de un recurso natural (el río) de máxima importancia en la cuenca y, de ser ciertas las hipótesis arriba mencionadas, la ocurrencia de lluvias excepcionalmente ácidas puede modificar temporalmente la calidad del agua y, de hecho, las condiciones del *habitat* de importantes especies de la fauna, además de afectar las producciones y servicios que se sirven del río como fuente de abasto de agua. Por tal razón es recomendable dar seguimiento mediante mediciones de pH y caudal a las lluvias ocasionadas por los eventos de mayor riesgo en los que confluyen lluvias intensas y prolongadas con bajos valores de pH, junto con los correspondientes análisis de las aguas del río, a fin de poder evaluar el efecto de las lluvias.

III.4. Conclusiones

1. Los volúmenes de las precipitaciones por meses han sido considerablemente variables a lo largo del período 1979-1999, pero no presentan tendencia en la serie cronológica analizada, por lo que no es posible predecir su comportamiento. Por otro lado, la frecuencia de las precipitaciones mensuales no tienen gran variación en el período analizado, aunque son significativamente diferentes y muestran una tendencia al incremento. Es de esperar entonces un aumento de los días con lluvia, aunque esto no significa que llueva más, dada la imprevisibilidad de los caudales.
2. Las proporciones de las lluvias de los períodos seco y lluvioso se presentan similares a las de la mayor parte del país con porcentajes del 19,4% y el 80,6% del volumen anual, respectivamente. Las épocas secas de los años de la serie analizada son similares en cuanto al nivel de precipitaciones acumulado, lo mismo que las épocas lluviosas. No se

perciben variaciones significativas entre los meses dentro del período seco a través de los años, pero sí entre los meses del período lluvioso, en el que cada mes acumula volúmenes diferentes de un año a otro. La distribución de los volúmenes de lluvia por mes es diferente en cada año, tanto en época seca, como lluviosa.

3. En general, la variabilidad de la frecuencia de las precipitaciones, tanto en época seca como lluviosa, no es alta y los valores medios para cada época y para el total de las precipitaciones anuales (seca: $0,1014 \pm 0,0071$; lluviosa: $0,1318 \pm 0,0117$; total anual: $0,2138 \pm 0,1564$). Pueden considerarse similares a los del país. Los días lluviosos del período seco y húmedo alcanzan porcentajes de 23,4% y 76,6% del total anual, respectivamente, lo que evidencia una drástica diferenciación. Los meses de la época seca no mostraron diferencias respecto a las frecuencias de lluvia de cada año, pero los meses de la época lluviosa fueron diferentes.
4. Los volúmenes medios de la lluvia de cada año fueron diferentes, aunque los estadísticos descriptivos no evidencian gran variación en los volúmenes acumulados. Se descarta la existencia de tendencia en los volúmenes de las precipitaciones anuales. No hay gran variación en la frecuencia de las precipitaciones anuales. A diferencia de la tendencia al aumento (muy ligero) encontrada para la frecuencia de la lluvia mensual, en las precipitaciones anuales no se manifiesta esa tendencia al considerar la estacionalidad.
5. De acuerdo con las anteriores conclusiones, queda descartada la hipótesis inicial de que ha habido una declinación en la frecuencia y el volumen de las precipitaciones en el territorio de la cuenca.
6. Los datos de caudal de la lluvia por día de la serie 1979-1999 mostraron diferencias importantes según el origen. Los mayores volúmenes acumulados ocurren en las depresiones (30,8%), seguidos en orden por las lluvias convectivas (26,1%), las tormentas tropicales (19,5%), los frentes fríos (16,0%) y los huracanes (7,5%). La mayor frecuencia de precipitaciones corresponde a las lluvias convectivas (35,4%), seguidas de las depresiones (26,6%), los frentes fríos (19,6%), las tormentas tropicales (13,0%) y los huracanes (5,5%). Se puede inferir entonces que las lluvias de mayor peso, dados su volumen y frecuencia, son las convectivas y las ocasionadas por depresiones.
7. Entre todos los orígenes de las precipitaciones, sólo los huracanes mostraron tendencia al incremento, lo que se corresponde con el aumento de la ocurrencia e intensidad de estos fenómenos, asociado al cambio climático. En las lluvias convectivas, aunque no se confirma la existencia de tendencia para el nivel de significación asumido (95%), se percibe una cierta significación marginal a la disminución (riesgo de rechazar la hipótesis nula cuando es verdadera: 5,08%). En los casos de las depresiones, tormentas y frentes fríos, con independencia de algunos eventos excepcionalmente lluviosos, los niveles de ocurrencia pueden considerarse estables en la serie analizada.
8. De acuerdo con el comportamiento de las precipitaciones anuales por origen en cuanto a volumen y frecuencia, queda validada la hipótesis

inicial respecto a las variaciones en proporción de las lluvias según su origen a través del tiempo.

9. Existe una variación importante de la acidez de las lluvias en la serie cronológica analizada. Pero no se observa ningún patrón en el orden de variación de los valores de $[H^+]$. No se puede apreciar tendencia en la serie de $[H^+]$.
10. Se encontraron diferencias significativas en la concentración de hidrogeniones $[H^+]$ las épocas seca y húmeda. Contrario a lo que cabe esperar, la época seca presenta un valor medio de $[H^+]$ ($2,0900E-005$; pH: 4,68) mayor que el de la época lluviosa ($8,0880E-006$; pH: 5,09).
11. Las lluvias según su origen mostraron diferencias respecto a la concentración de hidrogeniones $[H^+]$. Los valores más altos de $[H^+]$ corresponden a los huracanes, los otros eventos que se originan fuera del territorio (depresiones, tormentas y frentes fríos) muestran valores intermedios y los valores más bajos pertenecen a las lluvias convectivas. Esto sugiere que los mayores aportes de acidez provienen de eventos meteorológicos exógenos y da validez a la hipótesis inicial de que la ocurrencia de lluvias ácidas en la cuenca está relacionada con el origen de las precipitaciones.
12. Más de la mitad de las lluvias que ocurren en la cuenca son ácidas y estas originan un 60% de los aportes en H^+ . La proporción de lluvias ácidas y no ácidas dentro de cada origen muestra a las convectivas como las de menor ocurrencia de lluvias ácidas y a los frentes fríos como los de mayor incidencia de lluvias con $pH < 5,6$. Excepto en las convectivas, todos los orígenes muestran un predominio de lluvias ácidas.
13. Se aprecia un aumento de los aportes en H^+ cuando tienen lugar eventos lluviosos exógenos que se prolongan por varios días, principalmente, depresiones, tormentas tropicales o huracanes.
14. En los aportes de H^+ que recibe la cuenca no se aprecia tendencia.
15. Los valores de pH: 7,6 (calculado de la media de $[H^+]$: $2,44356E-08$) y

conductividad eléctrica: 414,14 $\mu S/cm$ obtenidos en las muestras de agua del río Yaguanabo están en el rango que prescriben las normas cubanas NC 93-11 y NC 93-02 que es de 6,5-8,5 unidades de pH y 1000 $\mu S/cm$ a 25°C, respectivamente. Estos resultados no validan la hipótesis inicial de que la calidad del agua del río Yaguanabo está afectada por la acidez de las lluvias que ocurren en la cuenca.

16. Es recomendable medir el pH y el caudal a las lluvias ocasionadas por eventos exógenos de lluvias intensas y prolongadas y simultáneamente realizar los correspondientes análisis de las aguas del río, a fin de poder evaluar el efecto de las precipitaciones.

CAPÍTULO IV. CAMBIOS EN LA VEGETACIÓN DE LA CUENCA

IV.1. Introducción

La pérdida de biodiversidad es uno de los principales problemas ambientales globales que están relacionados con la actividad agrícola y forestal. La vegetación de un territorio es un componente importante del paisaje que se afecta de manera esencial cuando este es fuertemente transformado como consecuencia de cambios radicales en los usos del suelo. En general, las intervenciones culturales y los aprovechamientos forestales conllevan la disminución de la diversidad de especies florísticas y, en muchos casos, la transformación o eliminación parcial o total de la cobertura vegetal, disminuyendo las opciones de alimentación y refugio para la fauna local, por lo que afecta también la diversidad de especies faunísticas, privando al ecosistema de sus importantes servicios. Es decir, unos usos de suelo mal conducidos pueden empobrecer la biodiversidad y reducir la funcionalidad de componentes muy dinámicos del paisaje, con un reflejo económico-ambiental que va contra las posibilidades de uso múltiple del suelo y de aprovechamiento de esenciales servicios ambientales.

La diversidad biológica ha sido muy utilizada en valorar la integridad ecológica de los sistemas naturales. Su valor como indicador de sostenibilidad ecológica deriva de la funcionalidad de las especies dentro de los niveles tróficos a los que pertenecen (Díaz *et al.* 2003). De acuerdo con la hipótesis del efecto de seguridad, las comunidades más ricas en especies tendrían mayor probabilidad de contener especies capaces de subsistir frente a condiciones ambientales extremas y, por tanto, mayor probabilidad de mantener o recuperar su funcionamiento tras sufrir perturbaciones (Tilman *et al.* 1998 y Yachi y Loreau 1999, en Díaz *et al.* 2003).

La conservación de la biodiversidad se ha convertido en uno de los temas prioritarios de investigación a escala mundial. La acumulación de evidencias sobre la amenaza que la creciente capacidad de transformación humana del medio natural representa para la diversidad biológica del planeta y el valor de este recurso natural como sostén de la sociedad se han abierto paso paulatinamente, de manera que el uso sostenible de la diversidad biológica es en la actualidad un componente de creciente importancia en el desarrollo de las políticas de uso de la tierra (Díaz *et al.* 2003).

En Cuba, la preocupación por preservar la diversidad biológica y maximizar los beneficios que de ella se derivan está contenida en la Estrategia Ambiental Nacional (Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente 1997) y se ha venido expresando en la promulgación y el completamiento de la legislación correspondiente –Ley de Medio Ambiente (Ministerio de Justicia 1997a), Ley Forestal (Ministerio de Justicia 1998), Decreto-Ley de Áreas Protegidas

(Ministerio de Justicia 1999b), Diversidad Biológica (Ministerio de Justicia 1996) y otras (Ministerio de Justicia 1993, 1997b, 1999a)– de manera que existe hoy un contexto legal apropiado; sin embargo, históricamente el uso de la tierra ha estado signado por el predominio de criterios economicistas y el olvido de las consecuencias ambientales, lo que ha conducido a la acumulación de impactos que a menudo han desencadenado importantes procesos de deterioro capaces de convertir ciertas comarcas, otrora productivas y caracterizadas por un paisaje relativamente bien conservado, en sitios poco productivos, con fuertes afectaciones en los suelos y la vegetación y con un paisaje empobrecido y matizado con signos de desertización, como sucede en la cuenca Yaguanabo, objeto de la presente investigación. Esta cuenca presenta problemas derivados de los usos ajenos a la vocación de los suelos, entre los que sobresalen las grandes áreas invadidas por vegetación indeseable, el deterioro y la disminución de la superficie cubierta por las formaciones vegetales naturales, el detrimento de los suelos productivos, el deterioro del río principal y otros, con graves consecuencias para la conservación de los recursos naturales y para la población humana local.

Cada vez más se difunde y acepta la necesidad de una gestión ecosistémica integradora que permita conservar los recursos explotables y los seres vivos, tendencia que parte de la multifuncionalidad de los ecosistemas agroforestales, donde la función biológica es crucial para el mantenimiento de las demás funciones como la productiva, ambiental y recreativa (Camprodón y Plana 2001). Esto es particularmente importante para una cuenca como la del río Yaguanabo, que muestra una vocación predominantemente forestal, pero que cuenta con áreas suficientes para mantener una producción ganadera importante y algunas parcelas que pueden destinarse a cultivos varios (ENPA, 1993). Esto ha sido aprovechado a través del tiempo, pero no con la racionalidad y el ordenamiento necesarios. Es decir, el territorio de esta cuenca ha quedado, por los usos de la tierra, con una estructura afín a los ecosistemas agroforestales, pero la gestión inadecuada de los recursos ha afectado fuertemente sus funciones.

Atendiendo a la propiedad que tiene la vegetación de reflejar transformaciones evidentes frente a los impactos de los usos de la tierra, se ha considerado analizar en lo posible los cambios que han ocurrido en las formaciones vegetales presentes en la cuenca, como consecuencia de la dinámica de aprovechamiento de la tierra y los recursos naturales a través del tiempo. A tales fines se han tenido como base las siguientes hipótesis:

1. La presencia de plantas invasoras compromete una importante proporción de la superficie de la cuenca y constituye una amenaza creciente.
2. En general, ha ocurrido una declinación de los índices de diversidad de la vegetación en el tiempo.
3. Las formaciones vegetales presentes se encuentran en general degradadas y algunos de los usos de suelo actuales potencian los procesos de degradación.

IV.2. Materiales y Métodos

Para el inventario de la vegetación se siguieron transectos lineales (en línea recta en lo posible) de 500-1000 metros de largo, dispuestos según la disposición de los tipos de vegetación existentes en el área estudiada, a fin de garantizar la representación de las distintas formaciones vegetales. En cada transecto se procedió a la identificación y determinación de la abundancia relativa de las especies que aparecían en una faja de 4 metros. Para la identificación de las especies por sus nombres vulgares se contó con la participación de personas residentes en la localidad conocedoras de las plantas del territorio; además fueron consultadas las obras de Roig (1965) y Borhidi y Muñiz (1983). La abundancia relativa de las especies se determinó por consenso del grupo participante (anexo 13) considerando las categorías de escasa (E), poco abundante (PA), abundante (A) y muy abundante (MA). De la misma manera se procedió para definir el hábito predominante de cada especie en el territorio estudiado, utilizando la clasificación de rastrera (R), trepadora (T), herbácea (H), arbustiva (Ab), arbórea (A) y epífita (E).

El estudio de la vegetación se basó en la demarcación de una muestra de parcelas, en las que se tomó el número de individuos por especie presente y la cobertura (estimada en porcentaje de suelo cubierto) en tres niveles: 1) herbáceo, 2) arbustivo y 3) arbóreo. El muestreo se estratificó de la manera siguiente:

- Para la evaluación del nivel arbóreo se consideró los individuos de Edímetro a la altura del pecho (DAP) igual o mayor de 12 cm encontrados dentro de un círculo de 25 m de diámetro desde el centro de la parcela.
- Para evaluar el nivel arbustivo dentro de cada parcela fueron demarcadas 4 subparcelas de 6 m de diámetro orientadas según los puntos cardinales, considerándose los individuos de DAP menor de 12 cm encontrados dentro de cada subparcela.
- Para evaluar el nivel herbáceo dentro de cada subparcela fue delimitado un círculo de 1 m de diámetro, dentro del cual fueron consideradas las plantas herbáceas y la regeneración natural de las otras especies presentes.

Este procedimiento, análogo al empleado por Azorín y Cruz (1987), López y Molina (1987) y Pino y Enrique (1988), permite la comparación de los resultados de esta investigación, con los obtenidos por estos autores y el uso de las bases de datos originales de los mismos, de las cuales se pudo disponer. A partir del número de individuos por especie obtenido en las parcelas fueron estimados los índices de Diversidad (H') y Equitatividad (J) (Moreno 2001).

Para la distribución de las parcelas en el terreno se tuvo en cuenta la configuración de los tipos de vegetación y la distribución aproximada de las parcelas utilizadas antes por los referidos autores, de manera que se garantizó abarcar las formaciones vegetales presentes en las áreas de la cuenca que fueron trabajadas en las investigaciones precedentes. Ver anexo 14 Considerando las dificultades logísticas actuales para conseguir el tamaño de muestra (N=40) utilizado por Azorín y Cruz (1987), López y Molina (1987) y

Pino y Enrique (1988), se tuvo en cuenta la curva de distribución de las variables Diversidad y Equitatividad para determinar el punto en que se estabilizan sus valores medios aunque se siga incrementando el tamaño de la muestra.

Para comprobar la distribución de los datos de las variables tratadas estadísticamente se utilizó la prueba Kolmogorov-Smirnov. Para la comparación de las muestras fue utilizada la prueba de Kruskal-Wallis. Se trabajó para un nivel de confianza del 95 %. Para el procesamiento estadístico fueron empleados los programas Excel de Microsoft Office y SPSS 15.0 para Windows.

IV.3. Resultados y Discusión

IV.3.1. Inventario florístico

En el anexo 15 se presenta una lista de las especies reportadas agrupadas por familia botánica y orden alfabético de sus nombres científicos; además, se incluyen los nombres vulgares por los cuales son conocidas en la localidad, el hábito y la abundancia relativa de cada especie. En toda el área de la cuenca fueron inventariadas 310 especies diferentes de plantas superiores, pertenecientes a 82 familias botánicas. Esta lista incluye la casi totalidad de las especies que son mencionadas por los residentes de más edad y más conocedores de la localidad⁸, como las presentes en el valle de río Yaguanabo hace más de 60 años. La principal ausencia en cuanto a especies forestales de valor (especie que no fue encontrada durante los trabajos de esta investigación) es el Mantequero (*Magnolia cubensis*), endémica cubana considerada hoy en peligro de extinción. De las plantas inventariadas, 22 se consideran escasas, 101 poco abundantes, 174 abundantes y 13 muy abundantes. Se requiere un estudio más detallado para evaluar con criterio específico estas proporciones; sin embargo, de manera muy general se puede referir que se trata de una distribución no deseable asociada a una banalización de la vegetación como componente del paisaje, pues entre las especies escasas se encuentran la Maboja (*Cameraria latifolia*), el Guano barbudo (*Coccothrinax crinita*), la Magüira (*Elanagma cucurbitina*), el cacto (*Ritheroocereus* sp.), el Manajú (*Rheedia aristata*), el Jiquí (*Pera bumelifolia*), la Bacona (*Albizzia cubana*), el Caguairán (*Copaifera hymenaefolia*), el Nogal (*Juglans insularis*) y otras de gran valor como componentes de los ecosistemas forestales, algunas de las cuales se encuentran en distintos grados de amenaza de extinción.

Muchas importantes especies se encuentran en la categoría de poco abundantes, cuando sería deseable que sus poblaciones tuviesen una mayor distribución y densidad en la cuenca. En este grupo se incluyen frutales (*Anacardium occidentale*, *Annona muricata*, *Annona reticulata*, *Persea*

⁸ Benito Guerrero: montero y colaborador en los trabajos de investigación y manejo realizados en la zona y Raúl Villa: montero y agricultor, ambos muy ligados a la historia y la evolución del aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca.

americana, *Achras sapota*, *Chrysophyllum cainito*, *Pouteria campechiana*, *Pouteria mammosa*), maderables (*Guaiaacum officinalis*, *Phyllostylon brasiliensis*, *Zanthoxylum elephantiasis*, *Calycophyllum candidissimum*, *Prunus occidentalis*, *Cedrela odorata*, *Swietenia mahagoni*, *Gymnanthes lucida*, *Tabebuia angustata*, *Caesalpinia violacea*, *Peltophorum adnatum*, *Poeppigia procera*), plantas medicinales (*Manguifera indica*, *Thevetia peruviana*, *Crescentia cujete*, *Caesalpinia bahamensis*, *Canella winterana*, *Cissus sicyoides*, *Smilax havanensis*), especies que aportan alimento a la fauna (*Vitis tillifolia*, *Carpodiptera cubensis*, *Phytolacca icosandra*, *Pseudolmedia spuria*, *Erythroxylon rotundifolium*, *Buchenavia capitata*, *Cordia nitida*) y especies que revisten un especial interés botánico de acuerdo a su status de conservación y el papel que juegan dentro del ecosistema (*Alsophila* sp., *Genipa americana*, *Hemitelia* sp., *Cyathea* sp., *Pilocereus* sp., *Coccotrinax acuminata* y otras).

Ciertas especies de las que clasifican como abundantes evidentemente determinan diferencias con la estructura original de las formaciones naturales presentes en la cuenca. Se trata tanto de plantas nativas que tienden a simplificar la composición florística debido a la elevada densidad que alcanzan (*Hebestigma cubensis*, *Prockia crucis*, *Cinnamomum elongatum*, *Licaria jamaicensis*, *Nectandra coriacea*, *Trichilia havanensis*, *Ficus* sp., *Eugenia* sp., *Cupania* sp., *Dipholis salicifolia*, *Guazuma ulmifolia*, *Luehea platypetala*, *Trema micrantha*) y a complicar la accesibilidad por la presencia de espinas o su toxicidad (*Casearia* sp., *Acacia* sp., *Pisonia aculeata*, *Comocladia dentata*, *Metopium toxiferum*, *Mucuna pruriens*, *Urera baccifera*), o de especies introducidas que cambian fuertemente el paisaje original y dañan la funcionalidad del ecosistema, como la Pomarrosa (*Syzygium jambos*) que afecta la calidad del agua de las corrientes superficiales cuyas márgenes coloniza (Paneque 2009) y la Faragua (*Hypharrhenia rufa*), que eleva el peligro de incendio potencial con la acumulación de material combustible al final de la época seca. Algunas especies xerofíticas han aparecido con profusión en sitios deforestados donde la pérdida del suelo ha conducido a la sustitución del bosque original (*Agave sobolifera*, *Fourcraea hexapetala*, *Consolea* sp., *Harrisia* sp., *Hylocereus triangularis*, *Opuntia dillenii*). Pero también un grupo importante de especies aparece con una abundancia similar a la que corresponde a las formaciones originales del territorio (*Mastichodendron foetidissimum*, *Oxandra lanceolata*, *Ceiba pentandra*, *Cordia gerascanthus*, *Calophyllum antillanum*, *Sapium jamaicensis*, *Andira jamaicensis*, *Talipariti elatum*, *Rizhophora mangle*, *Avicennia nítida*, *Conocarpus erectus*, *Laguncularia racemosa*, *Calyptronoma* sp. *Roystonea regia*, *Sabal palmetto*), lo que induce a pensar que, bajo un adecuado régimen de manejo, es posible una recuperación paulatina de las mismas.

En general, 22 especies (7,1%) se consideran escasas, 101 poco abundantes (32,6%), 174 abundantes (56,1%) y 13 muy abundantes (4,2%). En cuanto a los hábitos de las plantas inventariadas, corresponden 4 a rastreras (1,3%), 24 son trepadoras (7,7%), 52 arbustivas (20,0%), 161 arbóreas (51,9%) y 7 epífitas (2,3%). Los datos de frecuencia de los hábitos de las especies muestran diferencias significativas con la distribución normal (Z de Kolmogorov-Smirnov: 5,032; Sig. asintót. bilateral: 0,000), lo que se ha tenido en cuenta para su tratamiento estadístico. Los resultados de la prueba de la mediana empleada para comparar la frecuencia de los hábitos predominantes antes

(1987) y después (2004) de un período de 17 años no mostraron diferencias significativas (Chi-cuadrado: 0,3271; gl: 1; p: 0,574), lo que sugiere que la composición por hábitos de la vegetación se ha mantenido similar.

De acuerdo con el número de especies presentes y su abundancia relativa, la familia botánica mejor representada es *Poaceae* (8,8%), seguida de *Mimosaceae*, *Euphorbiaceae*, *Sapotaceae*, *Rubiaceae*, *Fabaceae*, *Sapindaceae*, *Myrthaceae*, *Flacourtiaceae*, *Moraceae* y *Compositae* (entre 2,5 y 3,6 %), el resto de las familias representadas en la cuenca alcanzan porcentajes por debajo del 2,5 %, destacándose *Juglandaceae* como la de menor representatividad (0,1%), con una sola especie (*Juglans insularis*), de la que sólo se han encontrado dos ejemplares.

IV.3.2. Las coberturas antes y después de un período de 17 años

La evaluación de la vegetación realizada por López y Molina (1987) en parcelas de muestreo (N=40) dio como resultado que el estrato arbóreo ocupa un 16,5% del área, mientras que un 73,0% corresponde al estrato arbustivo-herbáceo y un 10,5% a suelo descubierto. Estos autores encontraron 136 especies de plantas arbóreas, arbustivas, herbáceas, trepadoras y rastreras. Pino y Enrique (1988) utilizaron el mismo sistema de parcelas de muestreo (N=40) y encontraron 154 especies de plantas, resultando que un 19,9% correspondió al estrato arbóreo, un 59,6% al estrato herbáceo-arbustivo y un 20,5% se consideró suelo descubierto. Este aumento del suelo descubierto entre muestreos realizados en dos años sucesivos puede estar relacionado con el incremento de la frecuencia de los fuegos intencionales en áreas de pastoreo, que a menudo se convertían en incendios superficiales que ascendían por las laderas en áreas forestales, afectando principalmente al sotobosque según las evidencias encontradas en las parcelas mismas. El equipo de trabajo de la presente investigación (2004) encontró 139 especies, de las que un 14,1% correspondió al estrato arbóreo, un 34,1% al estrato herbáceo-arbustivo y un 51,8% a suelo desnudo. Distribuidas en 20 parcelas y según criterios reflejados en el mapa parcelas de muestreo

Al comprobar la distribución de los datos de cobertura herbáceo-arbustiva y cobertura arbórea correspondientes a los años 1987, 1988 y 2004, fueron encontradas diferencias significativas con la distribución normal (Cuadro 1), lo que se ha tenido en cuenta para su tratamiento estadístico.

Cuadro 1. Comprobación de la distribución de los datos de cobertura herbáceo-arbustiva y arbórea. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

Estadísticos		Cobertura herbáceo-arbustiva	Cobertura arbórea
N		60	60
Parámetros normales	Media	55,563	16,822
	Desviación típica	25,9735	9,7068
Diferencias más extremas	Absoluta	0,312	0,326
	Positiva	0,184	0,326
	Negativa	-0,312	-0,234
Z de Kolmogorov-Smirnov		2,415	2,522
Sig. asintót. (bilateral)		0,000	0,000

La comparación de los datos de estas variables entre los años analizados devolvió diferencias significativas (Cuadro 2).

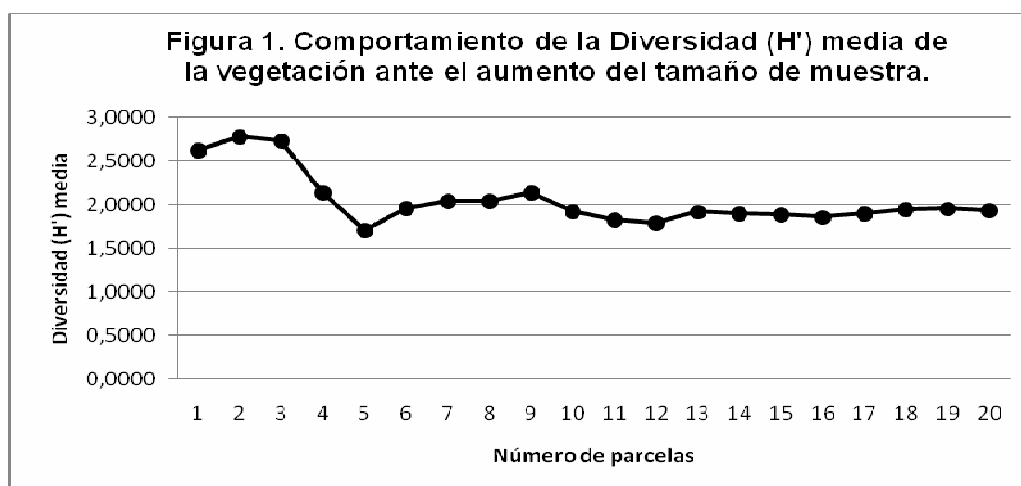
Cuadro 2. Prueba de Kruskal-Wallis para las coberturas. Variable de agrupación: Años 1987-1988, 1987-2004, 1988-2004

Estadísticos de contraste	1987-1988		1987-2004		1988-2004	
	herbáceo-arbustiva	arbórea	herbáceo-arbustiva	arbórea	herbáceo-arbustiva	arbórea
Chi-cuadrado	39,000	39,000	12,044	12,040	8,364	16,388
gl	1	1	1	1	1	1
Sig. asintót.	,000	,000	,001	,001	,004	,000

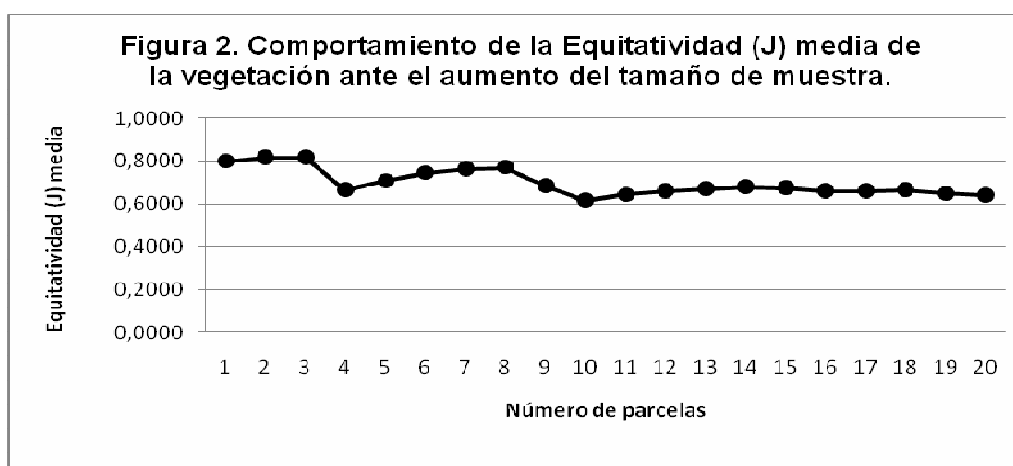
La cobertura herbáceo-arbustiva, de acuerdo con los valores medios de los años 1987 (N: 20; Media: 73,0), 1988 (N: 20; Media: 59,6) y 2004 (N: 20; Media: 34,1), ha experimentado una declinación importante. La cobertura arbórea también muestra una disminución, aunque las diferencias entre los valores medios correspondientes a los años 1987 (N: 20; Media: 19,9), 1988 (N: 20; Media: 16,5) y 2004 (N: 20; Media: 14,1), no es tan conspicua. La práctica muy común en el territorio de utilizar el fuego para mejorar los pastos y combatir las garrapatas da ocasión a frecuentes incendios que a través de los años han ido reduciendo la superficie boscosa y originando daños permanentes al suelo (pérdida del horizonte superficial) que cada vez más dificulta el establecimiento de la vegetación.

IV.3.2. Índices de diversidad de la vegetación

Para el análisis de los índices de diversidad y equitatividad de la vegetación, el tamaño de muestra fue estimado utilizando las curvas que describen los valores medios de estas variables en la medida en que se aumenta el tamaño de la muestra. La Figura 1 muestra una estabilidad de los valores medios de Diversidad (H') a partir de un tamaño de muestra de 13 parcelas.



La Figura 2 refleja una estabilidad de los valores medios de Equitatividad (J) a partir de un tamaño de muestra de 11 parcelas. De acuerdo con estos resultados, se considera que un tamaño de muestra de 20 parcelas es suficiente para analizar el comportamiento de los índices de diversidad de la vegetación en la cuenca estudiada.



Los valores de Diversidad (H) y Equitatividad (J) de Shannon obtenidos para el estrato herbáceo-arbustivo según datos de parcelas de vegetación correspondientes a los años 1987 (Azorín y Cruz, 1987 y López y Molina, 1987): índice de diversidad $H' = 5.0049$ y equitatividad $J = 0.7830$, 1988 (Pino y Enrique, 1988): el índice de diversidad $H' = 5.0003$ y equitatividad $J = 0.7842$ y 2004 (muestreos de la presente investigación): el índice de diversidad $H' = 4.4873$ y equitatividad $J = 0.6433$, fueron confrontados para evaluar los cambios ocurridos después de 16 años. Para esto se tomaron al azar los datos de 20 de las 40 parcelas muestreadas en cada año. Antes de realizar los análisis estadísticos fue comprobada la normalidad de los datos para las variables Diversidad (H') y Equitatividad (J), encontrándose diferencias en ambas variables respecto a la distribución normal (Cuadro 3).

Cuadro 3. Comprobación de la distribución de los datos de diversidad (H') y Equitatividad (J). Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra

Estadísticos		Diversidad	Equitatividad
N		60	60
Parámetros normales	Media	4,830833	0,740100
	Desviación típica	0,2458720	0,0623286
Diferencias más extremas	Absoluta	0,373	0,373
	Positiva	0,252	0,252
	Negativa	-0,373	-0,373
Z de Kolmogorov-Smirnov		2,888	2,888
Sig. asintót. (bilateral)		0,000	0,000

La comparación de los datos de estas variables entre los años analizados (Cuadro 4) mostró una similitud entre los años 1987 y 1988 y diferencias de estos dos años respecto a 2004.

Cuadro 4. Prueba de Kruskal-Wallis para los índices de diversidad. Variable de agrupación: Años 1987-1988, 1987-2004, 1988-2004

Estadísticos de contraste	1987-1988		1987-2004		1988-2004	
	Diversidad	Equitatividad	Diversidad	Equitatividad	Diversidad	Equitatividad
Chi-cuadrado	0,000	0,000	39,000	39,000	34,667	34,667
gl	1	1	1	1	1	1
Sig. asintót.	1,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Tanto la diversidad (H') como la Equitatividad (J) mostraron una disminución al contrastar los valores similares entre sí correspondientes a los años 1987 (H': 5,0049; J: 0,7842) y 1988 (H': 5,0003; J: 0,7830) con los valores obtenidos en 2004 (H': 4,4873; J: 0,6531), lo que evidencia un cierto deterioro de la vegetación en la cuenca.

IV.4. Conclusiones

1. En toda el área de la cuenca fueron inventariadas 310 especies de plantas superiores, pertenecientes a 82 familias botánicas. De las plantas inventariadas, 22 (7,1%) se consideran escasas, 101 (32,6%) poco abundantes, 174 (56,1%) abundantes y 13 (4,2%) muy abundantes.
2. Entre las especies escasas se encuentran importantes componentes de las formaciones naturales presentes en la cuenca, algunas de las cuales se consideran en distintos grados de amenaza de extinción. Entre estas especies destacan *Coccothrinax crinita*, *Rheedia aristata*, *Pera bumelifolia*, *Albizzia cubana*, *Copaifera hymenaefolia*, *Juglans insularis* y otras de gran valor. Resalta la ausencia de *Magnolia cubensis*, endémica cubana y emblemática especie forestal del territorio.
3. Hay un grupo de especies nativas que han alcanzado una elevada dispersión y abundancia relativa en detrimento de otras, las coberturas herbáceo-arbustiva y arbórea muestran una disminución significativa y la presencia de *Syzygium jambos* en las márgenes del río Yaguanabo representa un claro peligro por su carácter invasor y sus efectos negativos sobre la calidad del agua. Esto sugiere una necesidad de intervención en busca de la estructura y funcionalidad de las formaciones originales. Similar comportamiento presentó el *Dichrostachys cinerea* con una pequeña disminución con relación a los estudios anteriores referidos, lo que sugiere que pudiera estar relacionado al incremento de la producción de carbón en la cuenca.
4. La aparición de especies xerofíticas en sitios deforestados representa el peligro de sustitución definitiva de las formaciones originales por una vegetación xeromórfica asociada a procesos de desertización.
5. Los valores medios de Diversidad (H') y Equitatividad (J) muestran similitud en los años 1987 y 1988 y diferencias significativas de estos años con relación a 2004, lo que evidencia un cierto deterioro de la vegetación en la cuenca.
6. El listado de las especies inventariadas incluye la casi totalidad de las plantas presentes en el valle de río Yaguanabo hace más de 60 años y más del 64% de las especies nativas se consideran abundantes o muy abundantes. Por estas razones se puede inferir que bajo un adecuado régimen de manejo es posible la recuperación paulatina de las formaciones originales.

CAPÍTULO V. LOS CAMBIOS A NIVEL DE PAISAJE Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO LOCAL

V.1. Introducción

El paisaje natural, se concibe como un geosistema, el cual se define como el espacio terrestre, de todas las dimensiones, donde los componentes naturales se encuentran en una relación sistémica unos con los otros, y como una integridad definida, interactuando con la esfera cósmica y con la sociedad humana. Concebir así al paisaje como un sistema significa tener una percepción del todo, comprendiendo las interrelaciones entre las partes del sistema. Para analizar el paisaje desde una visión dialéctica se ha de aceptar su existencia y su organización sistémica como una realidad objetiva y una totalidad que se presenta como fenómeno integrado, lo que es muy diferente a visualizarlo de forma fragmentada. (Mateo 2000).

En general, los paisajes se pueden considerar como geosistemas naturales o antropo-naturales. El geosistema, tiene un carácter policéntrico y poliestructural, incluyendo generalmente un mayor número de componentes y relaciones que el ecosistema. Otro elemento básico que distingue conceptualmente el geosistema es su carácter territorial o espacial. (Troppmair 1995 citado por Mateo 2000).

El rasgo principal de todo paisaje es la relativa homogeneidad de sus condiciones naturales, consecuencia de la comunidad genética, la historia de desarrollo y su situación particular; a medida que el rango del paisaje es inferior, su homogeneidad es más evidente (Mateo 2000). Una visión particular en el análisis de los contornos de paisajes, es la noción de heterogeneidad paisajística o geoecológica desarrollada por Baudry (1986 citado por Mateo 2000). La heterogeneidad geoecológica de un territorio, aumenta con la diversidad de las unidades de paisaje presentes (número de contornos) (Mateo 2000).

Calcular el tipo y grado de uso, y la correspondencia de la diversidad del uso con la estructura natural del paisaje, es una tarea fundamental del análisis geoecológico. Sin embargo, estos cálculos tienen que hacerse en articulación con el análisis funcional y el evolutivo debido a que la estructura del paisaje es el soporte que propicia el funcionamiento, la capacidad de autorregulación y la evolución del sistema. Así la optimización de la organización espacial del paisaje implica la búsqueda de la proporción areal óptima (tamaño, forma, ancho, largo) de los tipos e intensidades de uso en dependencia de las características de la estructura y de los indicadores de la geodiversidad como sostén de la biodiversidad y la diversidad sociocultural. (Mateo 2000).

Entre los procesos geoecológicos de interacción formados por la influencia decisiva de la acción antrópica, se pueden distinguir la contaminación (del

suelo, del agua y atmosférica), la alteración de los recursos hídricos y la pérdida de la calidad visual de los paisajes. El estudio de la degradación de los paisajes, constituye así una parte culminante del análisis funcional, en particular de la parte dedicada a la dinámica funcional. Entender las causas y tendencia de la degradación de los paisajes, sólo es posible después de un meticuloso estudio del funcionamiento geosistémico. Al mismo tiempo, es esta una información y un conocimiento indispensable para la Planificación y la Gestión Ambiental y Territorial. (Mateo 2000).

En este sentido se parte de los siguientes principios en el análisis geoecológico y geosistémico del paisaje natural.

- Principio geosistémico que implica concebir el paisaje natural como un sistema ambiental abierto, complejo e integrado, conformado en diferentes niveles con la influencia de los procesos naturales y de la actividad modificadora y transformadora de la sociedad humana.
- Principio de la existencia objetiva del paisaje como geosistema, donde el paisaje es en realidad un sistema y no una abstracción.
- Principio de articulación sistémica paisajística, que entiende el paisaje como un sistema de conceptos formados por la tríada paisaje natural–paisaje social–paisaje cultural.
- Principio de integralidad de los atributos sistémicos, los cuales como conceptos simples e integradores, son la estructura, el funcionamiento, la dinámica, la evolución y la información.
- Principio del valor social del paisaje, donde cada paisaje, de acuerdo con sus propiedades y su estado, tiene un potencial para la realización de determinadas actividades socioeconómicas.

El concepto del paisaje y la ciencia del paisaje, en la actualidad se analizan desde diversas posiciones filosóficas y desde diferentes interpretaciones científicas, el paisaje es un espacio físico y un sistema de recursos naturales que integra el binomio inseparable sociedad–naturaleza. Al discutir estas cuestiones se está transitando hacia la categoría de gestión y manejo de la sustentabilidad del paisaje (Serranos 1991 en Mateo 2000).

El paisaje natural se concibe como un geosistema, el cual se define como un espacio terrestre, de todas las dimensiones. Según Mateo 2000, la geoecología como la ciencia dedicada al estudio de los geosistemas locales, regionales y globales desde una acepción antropo – natural, situados en la interfase entre la naturaleza y la sociedad. Esto significa en esta acepción, que las geografías de los paisajes se consideran como sinónimo de la geoecología de los paisajes. Esta es la interpretación que se acepta en el paisaje.

Partiendo del hecho de que la organización funcional de los paisajes tiene un carácter poliestructural, se ha determinado que forman la estructura funcional de los paisajes, al menos las siguientes tres variantes de la misma que forman las diversas categorías de paisajes funcionales.

- Estructura dinámico – posicional, estructura paragenética y estructura de cuenca. (Shreves et. al 1986 en Mateo 2000)

Estructura de cuenca. Está constituida por los geosistemas que conforman las cuencas de diferentes órdenes, representan así unidades paisajísticas espaciales, que se forman como resultado del fundamento hídrico, analizados desde una posición paisajística. Las cuencas generalmente contienen en sí complejos paradinámicos de diversas categorías, hileras paradinámicas diversas, diversas agrupaciones de complejos paragenéticos e incluso cuencas de diversos órdenes y magnitud, representan así una unidad funcional compleja en la que se interactúan todas las variantes de las estructuras funcionales.

La cobertura del suelo (el atributo biofísico de la superficie de la tierra) y el cambio de uso de suelos (propósito humano o intento tan aplicado a esos atributos) juegan un importante papel en el actual fenómeno de cambio global (Turner *et al.*, 1990; Vitousek, 1992). Los cambios en la estructura del paisaje representan algunos de los más prevalentes e importantes impactos de los cambios de uso de suelos (Forman and Godron, 1986). Por ejemplo, la fragmentación del hábitat y el estrés ambiental tienen profundas consecuencias sobre los procesos ecosistémicos y se ha encontrado que afectan la diversidad de especies (Chapin *et al.*, 1997).

Los paisajes culturales reflejan las interacciones a largo plazo entre la gente y su ambiente natural (Farina 1998) indicando que los paisajes han sido moldeados con el paso del tiempo en un proceso interactivo que enlaza las necesidades humanas con los recursos naturales y aparece en un específico escenario topográfico y espacial (Turner, 1990). Las estrategias de manejo ambiental afectan los paisajes, estando el uso de suelos y el cambio de cobertura entre las alteraciones más importantes de la superficie de la tierra hechas por el hombre (Lambin y otros, 1999; citado por Braimoh y Vlek, 2005). Uno de los papeles importantes de la ecología del paisaje es el de entender los efectos ecológicos de los cambios en el uso del suelo y la cobertura terrestre (Turner y los otros, 2001). El análisis histórico es la base de la evaluación del paisaje. No es posible evaluar las condiciones actuales de un mosaico de paisaje sin saber al menos su historia reciente. Sólo considerando la evolución de un paisaje es posible entender el nivel de reacción a los diferentes tipos de perturbaciones. (Peña *et al.*, 2005).

Finalmente, las fuerzas motrices principales son la planificación económica, social, territorial, etc., y consecuentemente éstos son los elementos claves para las personas que toman las decisiones. Recientemente, los administradores de tierras han comenzado a darse cuenta de que los ecosistemas y los paisajes son dinámicos, que los procesos de alteración y sucesión operan en muchas escalas para mantener a los ecosistemas y paisajes en una constante condición de inestabilidad, y este dinamismo es esencial para la conservación de la biodiversidad (Bonet *et al.* 2004; Peña *et al.* 2005).

Los cambios en el uso de suelos y la forma en que tales cambios ocurren pueden ser detectados primordialmente usando mapas de cobertura de suelos manejados mediante sistemas de información geográfica (GIS). Se enfatiza la importancia de la representación GIS y la interpretación fotográfica (Dunn *et al.*, 1991), porque provee los métodos principales para obtener evidencia de cambios de usos de suelo.

El presente capítulo integra los resultados obtenidos en los capítulos precedentes. Partiendo de concepciones metodológicas de la ecología del y la geografía del paisaje se presenta un análisis integral de los principales factores que han dado lugar a los procesos de deterioro presentes en la cuenca. Los análisis fueron encauzados partiendo de las siguientes hipótesis.

1. Las modificaciones originadas por los usos desordenados del suelo han conducido a un deterioro del paisaje que es consistente con una declinación de su calidad estética.
2. Las transformaciones ocurridas han conducido a la declinación de ciertos recursos cuyas formas de uso, atributos de las tradiciones y la cultura local, están amenazadas.
3. El deterioro del paisaje ha provocado una disminución en la calidad de vida de la población local.
4. Los cambios cuantitativos y cualitativos en la cobertura vegetal se relacionan con la proliferación de formas xeromórficas de vegetación y la mengua de las posibilidades de aprovechamiento en algunos recursos del territorio.

V.2. Materiales y Métodos

El método fundamental empleado ha sido el analítico a partir del estudio de cada componente o factor formador del paisaje, donde ha jugado un papel fundamental la sobre posición de mapas temáticos específicos (relieve, geología, litología, clima, drenaje, vegetación, uso del suelo). Como resultado es posible distinguir las diferentes unidades del paisaje. Para la conformación del mapa de paisaje se utilizó el Sistema de Información Geográfica MapInfo versión 6.5.

V.2.1. Origen de los datos primarios

Base Cartográfica

Las bases cartográficas se corresponden con las emitidas por el Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía de la República de Cuba, en las hojas cartográficas de 1989 correspondientes a Cienfuegos. Se utilizaron las escalas 1:25 000 y 1:50 000, con el sistema de coordenadas planas en metros según la proyección cónica de Lambert para Cuba Norte, con espaciado de 1000 metros por cuadrante y curvas de nivel a intervalos de 5 metros.

Además se utilizan bases cartográficas obtenidas en formato digital procedentes de:

- SIG de cuencas hidrográficas contratado por la Unidad de Medio Ambiente a la Empresa GEOCUBA de Cienfuegos.
- Imágenes del Satélite estadounidense LandSat-7 de los años 1999-2003, publicadas en: <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>, georreferenciadas en el sistema de proyección de Cuba Norte con

coordenadas planas en metros siguiendo la proyección cónica de Lambert y procesadas en el software Tn. Estudio versión 2.0.

Datos geográficos

Dentro de estos se clasificaron aquellos relacionados con los límites político-administrativos, límites naturales definidos por las cuencas hidrográficas, relieve, hidrografía, variables meteorológicas, geología y geomorfología.

Las fuentes de información para los datos geográficos en las distintas variables fueron:

- Atlas de Cuba, SIG de cuencas hidrográficas GEOCUBA
- Hojas cartográficas 1: 50 000 y 1: 25 000 para la región de Cienfuegos,
- Mapa geológico de la provincia 1: 100 000.

V.2.2. Procesamiento de datos

Todos los datos fueron tabulados y procesados en hojas de cálculo de Microsoft Excel 2000, de manera que estos se pudieran importar de forma íntegra por MapInfo 6.5, software utilizado en la investigación.

V.2.3. Digitalización de imágenes (mapas) y uso del SIG.

El proceso de digitalización se llevó a cabo mediante la vectorización en pantalla sobre archivos de tipo ráster previamente georreferenciados, utilizando para ello las herramientas de digitalización de MapInfo Profesional, versión 6.5.

Las imágenes ráster fueron obtenidas mediante un scanner Mustek III plus, escaneadas a 600 dpi y llevadas a formato BMP y las obtenidas por el Software Mr.Sid Viewer versión 2.0

El proceso de georreferenciación de las imágenes se siguió mediante la introducción de cuatro puntos de referencia en proyección cónica conforme de Lambert para el Sistema de Cuba Norte y unidades en metros.

El soporte empleado fue el sistema MapInfo Profesional, Versión 6.5 de MapInfo Corporation, 2000.

V.2.4. Métodos empleados para el análisis de la información contenida en el SIG

- **Superposición de capas (mapas) con informaciones independientes.** Este método fue utilizado para la elaboración de los diferentes mapas temáticos, para ello se tomó en consideración aquellas actividades o elementos naturales necesarios.
- **Creación de mapas temáticos.** En la conformación de mapas temáticos, solo se usó la variante de interpolación de datos para crear una superficie cuadriculada (GRID) mediante la interpolación de puntos de datos. En este proceso se utilizó el software Vertical Mapper versión 3.0 para análisis espacial como herramienta auxiliar del MapInfo.

V.2.5. Valoración preliminar del estado de manejo de la cuenca

Para tener una valoración preliminar del estado de manejo de la cuenca estudiada se aplicó la «metodología rápida para estimar el manejo de una microcuenca» propuesta por Jiménez (2004a), basada en la valoración de los principales elementos biofísicos y socioeconómicos que se pueden observar y evaluar fácilmente en recorridos de campo, permitiendo un rápido diagnóstico e identificando los indicadores más críticos. Fueron adoptados los 23 indicadores de mal manejo y la escala de valoración (muy alta: 4; alta: 3; media: 2; baja: 1; muy baja o nula: 0) utilizados por este autor, partiendo de la premisa de que mientras más alta es la valoración del indicador, mayor es su peso en el mal manejo de la microcuenca. La valoración de los indicadores se obtuvo por consenso de los integrantes del grupo de trabajo que aparecen en el Anexo13, una vez terminados los trabajos de campo. Para obtener la estimación cuantitativa general del manejo de la cuenca, se suman los índices de valoración de todos los indicadores considerados, el total obtenido se divide entre la valoración máxima posible (total de indicadores por el valor máximo que puede otorgarse a un indicador, en este caso: $23 \times 4 = 92$) y se multiplica por cien para obtener un índice porcentual del mal manejo de la cuenca, el cual ha de confrontarse con la escala de valoración (de 0,0 a 19,9: manejo óptimo; de 20,0 a 39,9: buen manejo; de 40,0 a 59,9: manejo regular; de 60,0 a 79,9: mal manejo; de 80,0 a 100: muy mal manejo) establecida por (2004a) para obtener la clasificación correspondiente a la cuenca analizada.

V.2.6. Características generales y condiciones de vida de la población local

Para conocer las características de la población local de la cuenca, la distribución espacial y el estado de las viviendas, la clasificación de la fuerza laboral y las condiciones de vida de la comunidad, se utilizó el recurso de la revisión de archivos (Hernández Sampieri et al. 2006) en la Dirección Provincial de Economía y Planificación, consultando especialmente la información correspondiente al censo del año 1981. Adicionalmente se hizo las verificaciones pertinentes en el terreno durante los trabajos de campo.

Los tipos de las viviendas obedecen a la clasificación de , que define:

- Tipo I: estas viviendas pueden ser construidas de paredes de bloque de hormigón, ladrillos de barro cocido, sillería, mampostería, bloques o ladrillos prensados de suelo estabilizados, canto, tapial, apisonado, adobe, planchas de ferrocemento, madera dura o maderas preciosas y techo soportaría de viguetas de hormigón armado o pretensadas, metálicas o de madera aserrada, cubierta de tejas de barro asbesto cemento o mortero vibrado.
- Tipo II: estas viviendas pueden ser construidas de paredes de bloque o ladrillos prensados de suelos estabilizados, mampuesto, canto tapial, adobe, embarrado y techo de soportaría de viguetas metálicas o madera aserrada o rolliza, cubierta de planchas metálicas conformadas o de cemento y fibras vegetal.
- Tipo III: estas viviendas pueden ser construidas de paredes madera

aserrada o tabla de palma y techo de soportaría de madera rolliza, cubierta de guano, tejas de cartón asfáltica, papel embreado.

- Tipo IV: estas viviendas pueden ser construidas de paredes de madera rustica, guano, yagua, cartón embreado, lona, materiales de desecho y techo de madera rustica, guano, yagua, cartón embreado, lona, materiales de desecho.

Para ilustrar la evolución del número de viviendas en el poblado de Yaguanabo Arriba se elaboró un gráfico de barra. Se utilizó una tabla de doble entrada para mostrar los tipos y estado actual de las viviendas del poblado.

V.2.7. Tenencia de la tierra

Para obtener información sobre la evolución de la tenencia y el uso de la tierra en el área de la cuenca se fueron realizadas conversaciones informales con personas mayores de 65 años que han residido toda su vida en el Valle de Yaguanabo y han estado vinculadas al historial de transformaciones ocurridas en el territorio⁹. La información reciente se obtuvo además mediante la observación por parte de los miembros del equipo de investigación

V.2.8. Principales actores y su huella en la cuenca

A los efectos del presente trabajo se ha convenido en llamar actores a todas las figuras representativas de la componente antrópica que interrelaciona con el ecosistema en diferentes niveles al recibir servicios o valores agregados del mismo, a la vez que lo afecta con su actuación directa.

Para establecer los impactos positivos y negativos actuales de los principales actores en la cuenca se recurrió a la observación por parte del equipo de investigación. Los impactos y sus secuelas a través del tiempo fueron revelados a partir de conversaciones informales sostenidas con personas vinculadas a la conservación de los recursos naturales que tuvieron conocimiento de los hechos e, incluso, participaron de alguna manera en los mismos¹⁰, miembros residentes de la comunidad de Yaguanabo Arriba y algunos de los directivos entrevistados.

⁹ Personas consultadas:

- Benito Guerrero. Nacido en el Valle de Yaguanabo y residente en el poblado hasta su fallecimiento en 2006. Valioso colaborador en los trabajos de manejo e investigación que se han realizado en el territorio, por sus amplios conocimientos de la flora y la fauna locales.
- Florencio Rodríguez. Propietario de una de las dos fincas privadas que existen en la cuenca. Ha residido toda su vida en la localidad. Ha colaborado en los trabajos de manejo e investigación que se han realizado en el territorio y tiene un completo conocimiento de la historia del territorio.

¹⁰ Personas que aportaron información sobre los impactos de los principales actores de la cuenca:

- Benito Guerrero (sus referencias aparecen arriba).
- Pablo Muñoz. Guardabosque asignado al territorio durante las décadas de 1980-1990.
- René Rodríguez. Jefe de Circuito de Guardabosques durante las décadas de 1980-1990.
- Rubén de J. Chamizo. Especialista en Áreas Protegidas, Fauna y Cinegética del Cuerpo de Guardabosques durante los años 1984-1988.
- William Lamela (sus referencias aparecen en el Anexo..., como miembro del equipo de investigación).

V.3. Resultados y Discusión

V.3.1. Caracterización del área dentro de los contextos espaciales

Yaguanabo, típico valle intramontano conformado por la cuenca hidrográfica que ocupa el río del propio nombre que vierte directamente al Mar Caribe (anexo 1), agrupa en su contexto un conjunto de elementos naturales y socioculturales en interacción dinámica que manifiesta la influencia que ejerce el hombre sobre los subsistemas que lo integran mediante su acción productiva y la respuesta de estos a dicha actividad, permitiendo evaluar la interrelación hombre-naturaleza que esencialmente se traduce en la relación comunidad rural-medio ambiente.

El Valle Yaguanabo cuenta con una fauna muy diversa típica de la región Central de Cuba. La fauna vertebrada tiene una gran importancia, dada la interacción que establecida entre esta y la población humana local, sobre todo, por la existencia de especies cinegéticas que han dado origen a una larga tradición de caza que unida a las tradiciones ganaderas forma parte del acervo cultural del territorio. Particularmente, las aves constituyen el grupo mejor representado entre los vertebrados. Un elemento único en la naturaleza de Cuba lo constituye la Cueva Martín Inferno, que posee elevados valores espeleológicos entre los que se destacan, formaciones de Mon-Milk, flores de yeso y la estalagmita más grande de América y segunda en dimensiones del planeta. Estos valores le confieren un carácter único para el territorio de la provincia.

Ubicación Geográfica del área de Estudio

Se ubica al sur oeste de las alturas de Trinidad pertenecientes al grupo Guamuhaya; desde la franja calizo colinosa costera que constituye la zona de transición entre el macizo esquistoso de Trinidad con la fosa de Jagua hasta el propio macizo.

Ubicación Político-Administrativa

Desde el punto de vista político-administrativo el área de estudio está ubicada en el municipio de Cumanayagua en la zona de la Sierrita y en áreas de la Empresa Pecuaria La Sierrita de la provincia de Cienfuegos.

Relaciones viales con pueblos cercanos y ciudades importantes

Las relaciones viales más importantes están dadas a través de la carretera del circuito sur entre Cienfuegos y Trinidad, así como el vial que comunica el asentamiento de Yaguanabo arriba ubicado en el centro del área con el circuito sur.

Descripción literal y con coordenadas de los límites físicos

El área de estudio se enmarca entre las coordenadas 225500 y 234500 de latitud norte y las coordenadas 580250 y 586250 de longitud oeste limitando al norte y al oeste con la cuenca del Río San Juan al sur con el mar Caribe y al oeste con la cuenca de Río Hondo.

V.3.2. Caracterización de los valores del área

Condiciones Ingeniero-Geológicas

En el aspecto Ingeniero-Geológico el territorio se ubica en la sub-región “FC” Depresiones Estructuro Fluviales con carácter de valle intramontano, en la zona aluvio-deluvio-proluvial indiferenciado sobre metaterrígenos y metacarbonatados, meteorizados y parcialmente meteorizados.

En el valle se destacan dos grupos geológicos:

1. **Grupo Naranjo:** Rocas metamórficas y metaterrígenas de esquistos calcáreos cuarcíticos en ocasiones, que desde el punto de vista Ingeniero-Geológicos son suelos areno-arcillosos medianamente plásticos. Está presente en toda la parte central del valle coincidiendo con la llanura ondulada y muy diseccionada, donde los procesos erosivos-denudativos han sido más intensos por ser una roca blanda.
2. **Grupo San Juan:** Rocas metamórficas metacarbonatadas, mármoles graníticos y esquistos calcáreos, con suelo areno-arcilloso medianamente plástico. Este grupo está presente en las pendientes y alturas que rodean el Valle, así como en la parte sur que tiene un relieve alomado, dado por las condiciones de dureza que presentan las rocas que son más resistentes a los procesos erosivos.

Podemos concluir que el Valle de Yaguanabo muestra condiciones Ingeniero-Geológicas de amplio espectro, tanto positivo como negativo a los efectos de construir posibles obras de tipo hidrotécnicas, viales, u otras se requiere realizar proyectos ejecutivos a escala 1:500 o mayores.

Condiciones Climáticas

Los datos que se refieren en cada una de las variables son tomadas de la “Guía Climática de la Provincia de Cienfuegos” elaborada en 1992, siendo la Estación de Trinidad la representativa del área de estudio, aunque las condiciones climáticas se encuentran influenciadas por la Topografía y por sus características de valle intramontano. No obstante su comportamiento general es como se muestran a continuación.

- **Temperaturas.**

La temperatura media anual del aire (período 75-89) es de 25.8 °C, diferenciándose dos períodos, uno menos caliente de noviembre a abril con una media de 24.3 °C, siendo enero el mes más frío con 23.0 °C. Mientras que el período de mayo a octubre con una media de 27.3 °C, siendo julio y agosto los meses más calientes con 27.8 y 27.7 °C, respectivamente es el período más cálido.

Por otra parte las temperaturas máximas medias ascienden a 31.0 °C, siendo el mes de agosto el más alto con 33.0 °C y enero con 28.8 °C el de temperaturas máximas medias más bajas.

Las temperaturas mínimas medias tienen una media anual de 21.8 °C, siendo enero el mes de valor más bajo con 19.3 °C y julio con 23.7 °C el de temperaturas mínimas medias más elevadas.

- **Precipitaciones.**

Los datos utilizados pertenecen al pluviómetro ubicado en las coordenadas X= 229900, Y= 583300, en el propio asentamiento de Yaguanabo, para el que se analizó una serie histórica de 20 años (1979-1999). En el mismo se definen claramente dos períodos, uno húmedo con una media mensual de 193.3 mm abarcando los meses de mayo a octubre, el período seco se extiende de noviembre a abril con una media mensual de 46.5 mm, dando una media anual de 1432 mm.

Este es uno de los aspectos que se ha considerado como muy significativo desde el punto de vista de su influencia en el paisaje pues repercute tanto en los suelos como en la vegetación, la fauna y la actividad humana.

- **Humedad Relativa.**

Se analiza el período (1979-1999) arrojando una media anual de 74 % y diferenciándose dos períodos, uno más bajo con 71 % que se extiende de diciembre a mayo y otro período con la humedad relativamente alta con 76 % que se extiende de junio a noviembre.

- **Vientos.**

Un aspecto que debe analizarse para la ubicación de inversiones es el referente a la velocidad y frecuencia del viento; al observar la rosa de los vientos se observa que los vientos predominantes todo el año son procedentes del primer cuadrante, es decir del NNE, NE, ENE y E con frecuencias de 10 %, 10.5 %, 6 % y 13.5 %, las velocidades de este cuadrante son también relativamente altas, aunque inferiores a las del segundo cuadrante que oscilan con valores de 8.3 km/h a 11.1 km/h.

Características Físico-Geográficas

El Valle de Yaguanabo se localiza al SW de la zona premontañosa de las alturas de Trinidad pertenecientes al grupo Guamuhaya. El mismo es un típico valle intramontano perteneciente a la cuenca del río Yaguanabo, aunque existen pequeñas áreas que salen de dicha cuenca pero desde el punto de vista físico geográfico son similares.

Se caracteriza por ser un valle bien conformado con un relieve tectónico-fluvial-típico muy erosionado y diseccionado donde el río principal corre por su centro con una red de drenaje superficial bien definida, la parte baja del valle con altimetría entre 0 y 150m. Se caracteriza por ser una llanura muy ondulada y diseccionada, con índices de erosión fluvial potencial altos, y una vegetación de pastizales con presencia del bosque semicaducifolio muy degradado en ocasiones, las pendientes en esta llanura oscilan entre 7% y 20%, por lo que los manejos en la misma tienen que ser bien controlados siguiendo las recomendaciones que se expondrán en cada uno de los programas.

Bordeando esta llanura ondulada se encuentran alturas bajas desde los 250m hasta los 700m, siendo la parte E más elevada con pendientes abruptas y en ocasiones en forma de escarpes; los índices de erosión son muy elevados, en la actualidad estas laderas se encuentran con bosques semicaducifolios sobre suelo calizo muy degradados debido al pastoreo extensivo que ha provocado que los procesos erosivos sean intensos con presencia de corrimientos de laderas y pérdida de suelos. Loas pendientes en toda esta zona son superiores al 20%. En estas alturas se localizan el punto culminante que es la Loma de los Farallones con 731.5m, así como la Loma de Palo Seco con 448.7m que se ubica hacia el centro norte del área, este constituye un punto de magnificas condiciones para la ubicación de miradores ya que del mismo se obtiene una vista panorámica e integral del valle.

Hidrología.

La red superficial está bien definida, caracterizada por un río principal que corre de norte a sur con una red más o menos simétrica. La densidad de drenaje es alta (2.4 km/km^2) de acuerdo con el orden de las corrientes fluviales efímeras, conformado de la siguiente manera:

- 1er. Orden: 51,4 km (58 %)
- 2do. Orden: 18,7 km (22 %)
- 3er. Orden: 6,5 km (7 %)
- 4to. Orden: 2,1 km (2 %)
- 5to. Orden: 9,7 km (11 %)
- Total: 88,4 km (100 %)

Entre las principales características hidrológicas se pueden citar:

- Longitud del río principal: 15km
- Pendiente de la cuenca: 23%
- Volumen de escurrimiento medio anual: $22,24 \text{ mm}^3$
- Gasto medio anual: $0,77 \text{ m}^3/\text{seg}$
- Altura media: 250m
- Precipitación media anual: 1408.2mm

La fuente de abasto del poblado es una toma de agua en una corriente superficial, cuya disponibilidad es permanente. También se benefician con el agua superficial cultivos agrícolas, un vivero forestal y una mini hidroeléctrica con capacidad de 55kw, aunque en el período seco disminuye considerablemente su capacidad de generación.

En la actualidad se desconoce la disponibilidad de aguas subterráneas por no existir estudios al respecto; no obstante, se localizan pozos que abastecen de agua a viviendas dispersas, la ganadería y una instalación de camaronicultura.

Este análisis se basó en el plano de suelos escala 1: 25 000 del Departamento de Suelos Provincial del MINAGRIC.

Los suelos, de forma general, son poco profundos y potencialmente erosionables. Se pudo comprobar en el terreno que están muy degradados y erosionados por el mal uso, aunque existen parcelas que la profundidad efectiva es alta y los índices de erosión potencial relativamente bajos, fundamentalmente sobre los suelos pardos sin carbonatos, aptos para cultivos temporales.

Los suelos fersialíticos pardo rojizos son los más frecuentes en el área, ocupando el 31%, los que se distribuyen en forma de franja hacia el W, sección inferior del río y parte centro-norte, las pendientes predominantes oscilan entre 12-20%, las mismas se desarrollan sobre calizas duras y esquistos cuarcíticos y micacios con profundidades de 45 cm en las partes de menores pendientes los que se dedicarán al silvopastoreo, mientras que las partes de más pendientes constituirán bosques protectores; la segunda agrupación de suelos (esqueléticos naturales) ocupa el 30%, estos suelos se distribuyen fundamentalmente en forma de franja bordeando la parte E, los que se desarrollan en las mayores pendientes y elevaciones se dedicarán a formar un bosque protector; los suelos ferralíticos pardo rojizos, ocupan el 19%, localizándose hacia el norte del área sobre esquistos y pizarras cuarcíticas, desarrollándose fundamentalmente en pendientes de 12-20% y se dedicarán a silvopastoreo y bosques protectores en la parte NE. Los suelos pardos sin carbonatos se distribuyen en la región central del valle ocupando el 14%, los mismos se desarrollan sobre rocas ígneas intermedias con profundidades de 31cm, aunque en ocasiones estas son superiores, las pendientes predominantes se dedicarán a actividades y producción de viandas y hortalizas. La última agrupación presente que ocupa el 6%, son las rendzinas rojas que se localizan en las alturas que bordean la parte W, con pendientes superiores al 20% sobre calizas duras y esquistos cuarcíticos, la profundidad no sobrepasa los 17cm y se dedicarán a formar un bosque protector (anexo 11).

El suelo ha sido objeto de análisis detallado, pues teniendo en cuenta los altos valores de disección horizontal, disección vertical, las pendientes y los usos, constituye uno de los recursos más impactados, siendo necesario determinar el nivel de deterioro y sus potencialidades. El suelo es considerando además uno de los pilares del paisaje. Luego de ser valorado holísticamente en el Capítulo II, se pudo obtener un grupo de mapas entre los que se destacan, el suelo propiamente dicho, disección horizontal y vertical, pendiente, erosión potencial, vulnerabilidad y, finalmente, la propuesta de usos. A partir de la superposición de todos estos mapas se construyó el mapa general de paisaje, con especial énfasis en la erosión potencial y la vulnerabilidad (anexos 9 y 10).

Paisajes.

Para realizar este análisis se tomó como base la determinación de los geocomplejos según los factores Físico-Geográficos que determinan el paisaje, así como sus características naturales.

El área se localiza al S del macizo montañoso de Trinidad es decir a sotavento de los vientos alisios que descargan la mayor parte de la humedad en la macropendiente septentrional, hecho este que caracteriza al paisaje por una vegetación de bosques semicaducifolios y el seco arbustivo hacia la parte más sur del área.

La vegetación, se abordó como uno de los temas fundamentales de los análisis efectuados, pues constituye un elemento clave en la concepción metodológica paisajística, por tal motivo se estudió como un capítulo independiente (Capítulo No III), cuyos resultados y conclusiones constituyeron los elementos imprescindibles en la elaboración del mapa de vegetación que se muestra en el anexo 16.

Teniendo en cuenta el análisis de los mencionados factores se determinaron Geocomplejos de tres órdenes (1er. Orden: 2 unidades, 2do. Orden: 6 unidades y 3er. Orden: 12 unidades). En el anexo 17, se puede observar la evaluación de cada uno de estos paisajes, en la que se analizan aspectos tales como: modificación antrópica, valor conservativo, calidad ambiental, valor estético, funcional, así como las limitaciones y recomendación para su uso.

Modificación Antrópica y cambios en el uso del suelo.

Este análisis se refiere en los aspectos de evaluación del paisaje y en el análisis de la vegetación.

Al detallar cada una de las unidades paisajísticas se observa que a pesar de que poseen unicidad de litología, altitud, suelos, desmembramientos y formación boscosa típica para el uso económico así como la intensidad de esta actividad ha llevado al área a un estado general en el que se pueden determinar diferentes grados de modificación antrópica.

Estos grados de modificación están determinados por: ganadería extensiva, que ha provocado pérdidas considerables de los suelos y otros procesos erosivos intensos, en zonas no aptas para esta actividad producto de las fuertes pendientes y suelos frágiles.

- Quema de pastizales dejando la superficie desprovista de toda clase de protección.
- Actividad agrícola intensa para la producción de viandas y hortalizas.
- Talas indiscriminadas de bosques.

En el anexo 18 se representan los diferentes grados de modificaciones a saber Paisaje muy poco modificado

- Paisaje poco modificado
- Paisaje modificado
- Paisaje fuertemente modificado

Y el análisis de este plano se representa en el anexo 17

Caracterización de los Valores Socio-Económicos.

Valores Históricos – Culturales.

Solo se conoce la localización de un sitio preagroalfarero en la zona de Brichi, del cual se desconoce su magnitud real y potencial de materiales arqueológicos que pudieran enriquecer los valores del área, además se piensa que deben haber otros sitios, pero sin exactitud, por lo que sería conveniente la intervención de la Sociedad Espeleológica de Cuba con vistas a profundizar en estos estudios.

Por otra parte en lo referente a la etapa colonial solo se pudo conocer que durante la guerra de los 10 años un destacamento español se asentó en Yaguanabo Arriba, el cual era reemplazado periódicamente por tropas frescas procedentes de la Villa de Trinidad, ejemplo de esto es que el 7 de julio de 1871 cuando una fuerza del Batallón de Bomberos radicada en la Plaza de Trinidad fue enviada a relevar las tropas de Yaguanabo Arriba constando con 15 acémilas para la conducción de las raciones de las tropas y municiones para esta.

Por los pocos conocimientos históricos en general acerca del Valle se debe contactar con las comisiones de historiadores para enriquecer los conocimientos de época, colonia y de república.

V.3.3. Problemática Ecológica, Económica y Social

Principales alteraciones del *habitat* natural

La acción de quemas sistemáticas, tala irracional del bosque y el pastoreo incontrolado con todas las acciones pecuarias que esta actividad realiza, son las tres causas fundamentales de los problemas ecológicos presentes en el área, estas causas han provocado, erosión de los suelos, pérdidas de nutrientes en éstos fundamentalmente en las franjas protectoras de la red hidrológica de 1ro, 2do y 3er orden que generalmente se ubica en áreas de pastoreo, así mismo ha provocado alteraciones en el *habitat*, limitando la superficie boscosa a 835 has de de las 3 306 que posee el área. Por otra parte, la propia deforestación ha traído una deformación marcada en la distribución de las precipitaciones, existiendo zonas de alta pluviometría y otras con extrema sequedad estando amenazado en esto último el sub-sistema de vegetación, fundamentalmente, plantas de las divisiones Bryophytas y Phyllycophytinas y muchas familias de macrophylophitas no arbóreas.

Problemas económico-sociales

1.- El principal sustento económico de la población local está dado por el desarrollo ganadero que tradicionalmente ha existido en el área, dicha actividad ha provocado la problemática ecológica descripta. El cambio de uso indica una reordenación del territorio donde áreas actuales de ganadería se destinarán al incremento del patrimonio forestal, las que totalizan 680 has, de manera que se reducirán empleos en esta esfera económica y se crearán en las ramas forestales y cinegéticas.

2.- Actualmente existe una instalación ganadera (vaquería) en el asentamiento poblacional Yaguanabo Arriba, la misma queda en la periferia de las áreas de pastoreo con el consiguiente trastorno en el manejo de los animales, así como constituye un foco contaminante en el asentamiento, tanto de vectores como de malos olores.

3.- La existencia de un baño garrapaticida en la zona aledaña al río Yaguanabo la cual vierte directamente al mismo sin tratamiento previo de residuales, estos vertimientos traen consecuencias considerables al ecosistema integrado por especies de flora y fauna asociados al río, así como alterando el sub sistema agua.

4.- Existencia de déficit de personal técnico especializado que se encargaría de los manejos técnicos de vegetación y fauna, así como déficit en la disponibilidad actual de la fuerza de trabajo.

5.- El asentamiento poblacional carece de abasto de agua apropiado, existiendo actualmente un incremento en la demanda de este recurso y la falta de infraestructura (conductora y toma de agua) capaz de dar respuesta a la misma, así mismo se dificulta la generación de electricidad en la mini-hidroeléctrica dado por la ineficacia del embalse que suministra el agua a la misma agudizándose este problema entre los meses de Diciembre a Mayo por la escasez de precipitaciones.

6.- El área no posee comunicaciones con el resto del municipio y la provincia por no poseer teléfono ni radio transmisores.

Considerando la importancia de este elemento en el contexto de los paisajes antroponaturales, se consideró la necesidad de dedicar un capítulo que evaluara este tema desde el punto de vista de la percepción de la población, cuyos resultados coinciden con las valoraciones resultantes de los análisis de los diferentes aspectos aquí tratados, como relieve, suelo, clima, vegetación etc. El conjunto de estudios y análisis referidos permitió obtener el mapa de paisaje que aparece en el anexo19.

V.3.4. Valoración preliminar del estado de manejo de la cuenca

Para tener una valoración preliminar del estado de la cuenca Yaguanabo se aplicó la «metodología rápida para estimar el manejo de una microcuenca» propuesta por Jiménez (2004a), basada en el diagnóstico rápido de elementos biofísicos y socioeconómicos, siguiendo el procedimiento referido en el apartado de Materiales y Métodos. El Cuadro 1 muestra la valoración asignada a cada indicador de manejo por parte del equipo de trabajo.

Cuadro 1. Valoración de indicadores de mal manejo en la cuenca Yaguanabo.

Indicadores de manejo de la cuenca	Valoración
1. Turbiedad y coloración anormal del agua en cauce principal o tributario.	0
2. Sedimentación y obstrucción del cauce.	2
3. Basura y otros desechos en cauce u orillas.	2
4. Evidencia de contaminación (agua sucia, olores desagradables, arrastre de contaminantes).	3
5. Desaparición de bosques de galería.	4
6. Evidencia de quemas.	4
7. Áreas desprovistas o con muy poca vegetación (desertización).	4
8. Evidencia de deforestación en laderas (tocones, tacotales).	3
9. Desaparición del bosque primario.	4
10. Evidencia de escasez de leña, madera.	2
11. Evidencia de erosión del suelo.	4
12. Evidencia de cárcavas sin control.	4
13. Evidencia de prácticas agrícolas inadecuadas o sin medidas de conservación de suelos y aguas.	3
14. Evidencia de deslizamientos.	0
15. Evidencia de sobrepastoreo (gradillas en laderas, poca cobertura de pastos).	2
16. Evidencia de viviendas en sitios vulnerables (laderas deslizantes, ribera del río, etc.).	0
17. Evidencia de vías de comunicación inadecuadas (pocas, o en mal estado).	4
18. Inadecuados servicios públicos (recolección de basura, red de aguas negras y pluviales).	3
19. Ausencia o deficiencia de centros de enseñanza y de salud.	1
20. Ausencia o deficiencia del servicio de agua potable.	2
21. Ausencia o poca existencia de grupos comunales organizados.	0
22. Ausencia o poca presencia institucional y de proyectos en la microcuenca.	3
23. Evidencia de pobreza-miseria.	2
Sumatoria total	58
Sumatoria máxima posible	92
Valoración= (Sumatoria total/Sumatoria máxima posible) x 100	63,0

Los indicadores de mayor preocupación son los siguientes:

- La desaparición de los bosques de galería ha afectado gran parte de la cobertura arbórea del cauce del río principal como consecuencia del aprovechamiento forestal en la segunda mitad de la década de 1980. Desde entonces, su recuperación ha sido sólo a partir de la regeneración natural, pues no se han realizado acciones de reforestación, con resultados muy insuficientes.
- Las quemas incontroladas, a menudo realizadas para mejorar los pastos o combatir las garrapatas, han dado lugar a frecuentes incendios forestales que han ido reduciendo la superficie cubierta por las formaciones naturales presentes en la cuenca, además de afectar la regeneración natural. De esta manera, el fuego ha sido un importante factor de degradación.
- Las áreas desprovistas o con muy poca vegetación se han incrementado en número y dimensiones desde que fue puesta en práctica una campaña de desmonte con equipos pesados (buldoceo), durante la década de 1980, con la finalidad de incrementar las áreas para el desarrollo de la ganadería en

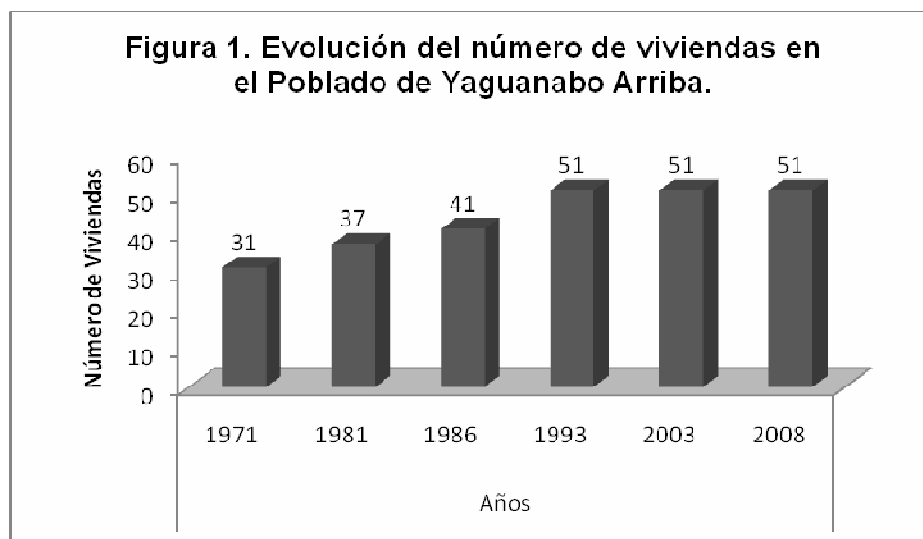
zonas de premontaña. Esta campaña, diseñada como un programa muy general y abarcador, no tuvo en cuenta las pendientes y las características de los suelos de cada sitio, originando pérdida de suelo y afloramientos rocosos que han conducido a la aparición de rasgos xeromórficos en la vegetación emergente y ciertas manifestaciones de desertización.

- La desaparición del bosque primario fue un proceso que tuvo lugar a través del tiempo desde que se establecieron los primeros colonos en la zona, pero siempre quedaron relictos que y áreas donde las formaciones naturales se han regenerado, manteniendo de manera aceptable sus características fundamentales en cuanto a estructura y composición. Sin embargo, actualmente estos sitios son escasos, de poca extensión y cada vez están más amenazados por la tala selectiva, la invasión de especies exóticas, los incendios y otros factores, al punto que no se puede asegurar que queden muestras intactas de las formaciones naturales originales.
- La erosión del suelo es apreciable en casi todas las visuales de la cuenca y se puede asociar principalmente a la deforestación en sitios de elevadas pendientes.
- La presencia de cárcavas sin control se puede asociar también a la deforestación en sitios de elevadas pendientes, pero es muy evidente en los caminos mal diseñados.
- Las vías de comunicación se consideran inadecuadas por el mal estado en que se encuentran.
- Los servicios públicos se consideran inadecuados, sobre todo, porque las aguas residuales corren libremente por el drenaje natural y van a para al río principal. No hay servicio de recolección de basura y esto da lugar a que con frecuencia se quemen los desechos sólidos y a que se encuentren acumulaciones de los mismos en varios sitios.
- En la cuenca confluyen tres instituciones importantes que pudieran contribuir significativamente a su recuperación: la Empresa Pecuaria La Sierrita, la Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna y el Gobierno Local; sin embargo, no se cuenta con los proyectos y el financiamiento necesario para poder implementar acciones eficientes.
- Se han encontrado evidencias de contaminación, como residuales humanos, porcinos y vacunos que drenan hacia el río principal, e incluso, un cadáver de vacuno en descomposición dentro del cauce.
- Como evidencias de deforestación en laderas aún se encuentran raíces y tocones secos y regenerados en áreas buldoceadas, así como tocones dispersos como resultados de talas ilegales que seleccionan árboles de las más preciadas especies maderables.
- Se encontró evidencias de prácticas agrícolas inadecuadas consistentes en cultivos migratorios, laboreo a favor de la pendiente y ausencia total de medidas de conservación de suelos.

En general, el índice porcentual alcanzado (63,0%), confrontado con la escala de valoración establecida por Jiménez (2004a), queda en el intervalo de 60,0 a 79,9 que corresponde a una microcuenca mal manejada.

V.3.5. Características generales y condiciones de vida de la población

En el área se localiza el asentamiento Yaguanabo Arriba, desde su fundación en 1962 se concibió para el desarrollo ganadero. El poblado fue creciendo paulatinamente hasta 1993 y desde entonces ha quedado en 51 viviendas (Figura 1).



Actualmente tiene 207 habitantes, lo que representa 4.1 habitantes por vivienda. Fuera del asentamiento se ubican 12 viviendas con 52 habitantes (4.3 habitantes por vivienda). En conjunto, dentro del territorio de la cuenca Yaguanabo totalizan 65 viviendas y 318 habitantes (4.9 habitantes por vivienda) para una densidad de población de 7.46 habitantes por km².

Al realizar un análisis del tipo y estado de la vivienda (Cuadro 2) se observa que predominan las viviendas del tipo IV en mal estado, aspecto que debe mejorar en la perspectiva, recuperando la tipología vivienda rural típica con materiales duraderos y garantizando el mantenimiento sistemático.

Cuadro 2. Tipo y estado de las viviendas existentes en la cuenca Yaguanabo.

Viviendas Poblado Yaguanabo Arriba					Viviendas Dispersas				
Tipo	B	R	M	Total	Tipo	B	R	M	Total
I	3	1	-	4	I	-	-	-	-
II	4	3	-	7	II	-	-	-	-
III	3	9	5	17	III	-	-	-	-
IV	-	4	19	23	IV	-	1	11	12
Total	10	17	24	51	Total	-	1	11	12

El nivel de servicios del asentamiento se relaciona con su categoría, de acuerdo con la cual dispone de panadería, médico de la familia, escuela primaria, combinado alimenticio industrial, y círculo social obrero; además, cuenta con una sala de video y una de fisioterapia. Sin embargo, se ha podido comprobar que estos servicios no siempre están disponibles.

Según el Plan Director Municipal de la D.P.P.F el mismo se categoriza como un asentamiento de desarrollo planificado que llegará a 80 viviendas para dar respuesta al desarrollo ganadero.

V.3.6. Tenencia de la tierra

El área de estudio tiene una tradición ganadera desde antes de 1959 cuando todo el valle era propiedad de Felipe Zerquera. La producción de viandas y hortalizas era para el autoconsumo, localizándose en Vega Romero. Las personas consultadas que conocen la evolución histórica del Valle de Yaguanabo coinciden en que durante la época en que el valle estuvo en manos de Felipe Zerquera la ganadería era muy productiva y se disponía de abundante caza, pesca y recursos forestales, todas las laderas de alta pendiente, quebradas, cañadas y orillas del río estaban cubiertas por la vegetación natural, de manera que desde cualquier sitio se podía observar un paisaje muy atractivo, al punto que para hacer referencia a este valle se usaba el epíteto de «la tacita de oro de Yaguanabo».

En el año 1962 la mayor parte de la tierra pasa a propiedad estatal y se crea la Granja de Yaguanabo, dedicada también a la ganadería, quedando solamente dos parcelas privadas. Actualmente, el 97% del área de la cuenca es de propiedad estatal, pertenece a la Empresa Pecuaria La Sierrita y está dedicado a la ganadería extensiva, excluyendo la superficie de vocación forestal debido a las altas pendientes, en la que han quedado áreas con cobertura de bosques considerados protectores. Algunas áreas han sido usadas en cultivos de autoconsumo sin respetar las medidas de conservación de suelos, incluyendo los cultivos migratorios, lo que junto a la actividad ganadera ha contribuido en gran medida a la degradación de la cuenca, de manera que se ha perdido el valor agrológico de las parcelas tradicionales. En estos momentos cuenta la comunidad cuenta con 2 organopónicos en busca de suplir la carencia de tierras fértiles para la producción de alimentos.

Por otra parte, existen dos parcelas del sector cooperativo pertenecientes a la C.C.S Mártires de Trinidad, ellas son las fincas de José María Zerquera y Florencio Rodríguez Zerquera, de 67 ha y 44 ha, respectivamente: ambas totalizan 111 ha, dedicadas también a la ganadería extensiva y al autoconsumo en menor medida y representan solo el 3% del área de la cuenca (anexo 19). Estas parcelas muestran una cierta diferencia positiva en cuanto a productividad y estado de conservación de los suelos.

V.3.7. Principales actores y su huella en la cuenca

De acuerdo con el presupuesto asumido (Materiales y Métodos, epígrafe 6.2.1.) fueron identificados los actores que a continuación aparecen reseñados.

1. Empresa Pecuaria La Sierrita del Ministerio de la Agricultura (MINAGRI).- Constituye la principal fuente económica del área de estudio y a la vez origina los mayores impactos (negativos) en la cuenca, debido a la ganadería extensiva e incontrolada, al pastoreo por encima de las normas permisibles con relación a la pendiente, capacidad de carga y acceso directo a las márgenes del río. Los estudios de la erosión de suelos, vulnerabilidad y calidad del agua, así como las opiniones de los propios directivos de la Empresa Pecuaria Sierrita confirman esta apreciación. Además, esta empresa es responsable de la depresión económica que se refleja en la comunidad local.

La empresa ha utilizado áreas para autoconsumo con cultivos varios. Los impactos de esta actividad se expresan fundamentalmente en las violaciones de las medidas agrotécnicas como la siembra a favor de la pendiente, el no uso de barreras vivas y muertas entre otras medidas de conservación de suelos y la aplicación incontrolada de agroquímicos que van a parar al drenaje de la cuenca, contaminando el río Yaguanabo.

El fomento de las áreas de pasto a costa de la deforestación, sobre todo, en sitios de altas pendientes, ha contribuido a la degradación de los suelos con afloramientos rocosos y aparición de rasgos xeromórficos en la vegetación emergente. El mal manejo de las áreas de pasto y el uso inadecuado del fuego ha conducido a la invasión por el Marabú (*Dichrostachys cinerea*) y a la pérdida de suelo. Todo esto ha provocado la disminución de la superficie cubierta por las formaciones vegetales originales del territorio y a la degradación de las mismas, a la aparición de formaciones secundarias y a la transformación negativa del paisaje en general.

2. Empresa Forestal Integral Cienfuegos del MINAGRI.- Actualmente esta empresa no realiza actividades de aprovechamiento en el territorio, pero en el año 1988 generó tal vez los más fuertes impactos sobre el funcionamiento de la cuenca al aprovechar todos los árboles de medias y grandes dimensiones que conformaban la faja hidrorreguladora del río Yaguanabo.

Como aportes positivos, se pueden considerar la conservación de las formaciones vegetales de la parte baja de la cuenca, donde ocurrió un desarrollo creciente del manglar, se conservó el bosque semideciduo mesófilo con humedad fluctuante y se recuperaron el matorral xeromorfo costero y el bosque semideciduo xerofítico. El bosque semicaducifolio típico experimentó una cierta recuperación y hubo un desarrollo de bosques secundarios en las áreas de mayores pendientes, poco accesibles tanto para el hombre como para el ganado. También se ha de destacar el trabajo de fomento y conservación de la fauna silvestre que tuvo su auge al final de la década de 1980, cuando las poblaciones de especies cinegéticas como la Gallina de Guinea (*Numida meleagris*), el Puerco Jíbaro (*Sus scropha*) y el Venado (*Odocoileus virginianus*) alcanzaron niveles elevados que permitían su aprovechamiento. El mayor acierto para conseguir estos logros estuvo en establecer ciertos mecanismos para hacer posible e incentivar la participación de la comunidad en las tareas de conservación y en el aprovechamiento racional de algunos recursos naturales, lo que se puede relacionar con el reforzamiento del sentido de pertenencia al territorio y la formación de un sentimiento de apropiación sobre sus recursos naturales.

Es de señalar que los aprovechamientos forestales realizados en el año 1988 marcaron el inicio de la declinación poblacional de las especies cinegéticas.

3. Empresa Cafetalera.- La actividad cafetalera es prácticamente insignificante en el área. Los principales impactos están vinculados al uso de pesticidas para el control de la Broca (*Ipomoea ampelli*), cuyos efectos se extienden a otras especies de la fauna fundamentalmente por los impactos negativos en la cadena trófica.

4. Establecimiento Provincial de la Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna.- Desarrolla proyectos de conservación y manejo de especies de fauna amenazadas y de educación ambiental con la comunidad y

la escuela rural. Concretamente se trata del Proyecto de Conservación Cotorra-Catey y del Proyecto Territorial de Educación Ambiental vinculado a este, los que tienen un impacto positivo en la cultura ambiental de la población local y, en especial, en las nuevas generaciones.

5. Comunidad local.- Los antecedentes de los asentamientos poblacionales se remontan a la época de la colonia. Con el Triunfo de la Revolución y bajo el concepto de la creación de comunidades surgió Yaguanabo Arriba para el desarrollo ganadero. La actividad migratoria ha sido insignificante, de manera que en la actualidad existe una población total de unos 318 habitantes.

Esta comunidad tiene una formación cultural netamente ganadera además de la parte de la población que se dedica a los servicios fundamentales, existiendo hoy un grupo de servicios primarios. Su falta de preparación en el aprendizaje de la utilización racional de los recursos naturales ha llevado a que la propia comunidad contribuya a la degradación del paisaje local. Durante la década de 1990, conocida como «período especial», se vieron reforzados los impactos de la población local sobre la fauna silvestre y el bosque, dadas las necesidades de alimentos y materiales combustibles. Las poblaciones de especies cinegéticas fueron completamente diezmadadas, al punto de que el Puerco Jíbaro y la Gallina de Guinea prácticamente han desaparecido y el Venado es muy escaso. Los incendios intencionales para el saneamiento de pastizales y su extensión a áreas boscosas han sido un factor importante de degradación.

En la actualidad la comunidad se encuentra virtualmente deprimida desde el punto de vista económico debido al decrecimiento de la ganadería como actividad económica fundamental y al endurecimiento de las condiciones ambientales, dada la degradación de los principales recursos. Esto ha generado impactos negativos expresados en la migración hacia otros empleos fuera del área (ej., gastronomía y turismo en la playa Yaguanabo). No obstante, hay que señalar que la comunidad aún tiene un alto sentido de pertenencia, así como disposición a enfrentar cambios y retos dirigidos a la restauración del ecosistema y la diversificación económica como, quedó demostrado en el estudio de percepción ambiental referido más adelante.

6. Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos.- Como actor principal del recurso agua le ha faltado la aplicación consecuente de las normativas y el marco legislativo en el manejo de este recurso, lo que se manifiesta fundamentalmente en la prevalencia de violaciones en relación con el respeto de la faja hidrorreguladora y el acceso directo de la ganadería a las corrientes fluviales y el vertimiento de residuales al río Yaguanabo.

7. MINSAP.- Como aspecto negativo, se ha visto que no garantiza sistemáticamente la cloración del agua en la fuente de abasto, lo que tiene repercusión en los índices de parasitismo de la comunidad. Sin embargo, hay que destacar que ha logrado la permanencia del médico de la familia, así como la construcción de una sala de rehabilitación.

8. MINED.- Se localiza en el área una escuela rural multigrado. Se avanzado en el desarrollo y el extensionismo de la cultura ambientalista, apoyando los referidos proyectos de educación ambiental e investigación de Flora y Fauna.

9. ETECSA.- Si bien los impactos están referidos a la calidad de vida de la población a través de la sistematicidad en la llegada de la prensa y las

comunicaciones en general, eventualmente se han creado impactos negativos con la eliminación excesiva de árboles en función de la protección del tendido telefónico.

10. **Vialidad.**- Como impacto positivo se puede mencionar el mejoramiento de la accesibilidad; no obstante, predominan los impactos negativos vistos en dos direcciones: el mal estado de los caminos y el desarrollo de cárcavas por no tomarse las medidas ingenieriles necesarias; además, no se realiza la protección de taludes con el consiguiente riesgo de deslizamientos.

V.4. Conclusiones

1. Desde el punto de vista metodológico, la integralidad con que se abordó el estudio paisajístico facilitó la visión sistémica y holística del análisis y a la vez permitió corroborar la interconexión de los métodos usados en la investigación. Esto permite sugerir el empleo del procedimiento seguido en estudios similares que se proyecten en otras cuencas del país.
2. Las características del clima local de la cuenca (temperatura media anual de 25.8 °C, precipitación media anual de 1432 mm, humedad relativa media anual del 74 %), su condición de valle intramontano situado entre la costa y la montaña, con un relieve tectónico-fluvial-típico, un río principal que corre por su centro, una red de drenaje superficial bien definida y un paisaje atractivo y diverso, presenta condiciones para un uso turístico moderado que vendría a generar opciones adicionales de renta y empleo para la población residente.
3. Algunos puntos de la cuenca tienen vientos predominantes con velocidades relativamente altas susceptibles de ser aprovechados para la generación de energía eléctrica. Esto, unido a la capacidad potencial de generación aprovechando los recursos hídricos, puede constituir un importante complemento para cubrir las necesidades locales ante las perspectivas de desarrollo socioeconómico.
4. Los suelos, en general, poco profundos y potencialmente erosionables, ofrecen algunas áreas cultivables y un importante potencial para el desarrollo ganadero y forestal. La disponibilidad permanente de agua para la población y las actividades ganaderas, agrícolas y forestales constituye una circunstancia favorable para concebir programas de desarrollo adecuados a las actuales condiciones de la cuenca.
5. Los principales factores de degradación que amenazan el paisaje en la cuenca estudiada son la erosión de los suelos y su vulnerabilidad, el fuego incontrolado, la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas, la proliferación de plantas invasoras, principalmente del Marabú (*Dichrostachys cinerea*) y la ausencia de tratamiento de las aguas residuales y de los desechos sólidos.
6. Los principales efectos del mal manejo de la cuenca sobre el paisaje son la desaparición de los bosques de galería, el incremento de áreas desprovistas de vegetación, la pérdida de suelo, la aparición de rasgos

xeromórficos en la vegetación emergente y la desaparición del bosque primario.

7. Los principales problemas que afectan a la población humana local son el mal estado en que se encuentran las vías de comunicación, el predominio de las viviendas de tipología más pobre y su mal estado, la carencia de la infraestructura para solucionar las necesidades de abasto de agua y generación de energía eléctrica y la carencia de medios de comunicación.
8. En la huella que han dejado los principales actores presentes en la cuenca predominan los impactos negativos. Entre ellos, la Empresa Pecuaria La Sierrita del Ministerio de la Agricultura, el Establecimiento Provincial de la Empresa Nacional para la Protección de la Flora y la Fauna y la Comunidad local, son entidades que pueden ser decisivas en el reordenamiento del uso de los recursos del territorio. En general, la participación de los principales actores tiene importantes aspectos positivos, pero son demasiados los impactos negativos de su gestión, al punto en que si no se corrigen las actuaciones, es impensable que se pueda revertir la situación actual de la cuenca.

CAPÍTULO VI. LA PERCEPCIÓN DE LA POBLACIÓN LOCAL RESPECTO A LOS CAMBIOS AMBIENTALES OCURRIDOS.

VI.1. Introducción

Al considerar los resultados parciales de esta investigación en los estudios de suelo, vegetación, lluvias, etc., se pudo identificar un marcado deterioro en los recursos naturales relacionado con el mal manejo de los mismos. Se denota la carencia de los conocimientos necesarios y la ausencia de responsabilidad en el uso de los recursos naturales frente a la necesidad de encontrar formas de gestión que ayuden a la sostenibilidad de la actividad ganadera.

Ante el marcado deterioro observado y la objetividad de los principales problemas ambientales que constituyen sus causas, se precisa de un cambio importante en los patrones de pensamiento y actuación, tanto en el ámbito institucional, como en el de la población local, a fin de establecer el contexto adecuado para poder ordenar adecuadamente el uso de recursos e implementar un sistema de gestión racional en concordancia con las particularidades del territorio.

Las actuaciones humanas respecto a la protección y conservación de los recursos naturales están estrechamente relacionadas con la cultura ambiental del individuo como componente elemental de la sociedad. El nivel de conocimientos de las personas sobre los procesos que rigen el funcionamiento del medio ambiente modula la manera en que estas perciben los problemas ambientales de su entorno y, consecuentemente, afecta la perspectiva con que los enfrentan y su conducta hacia ellos. Esto, por supuesto, guarda estrecha relación con la posibilidad de que la población local tenga una conducta responsable para encontrar soluciones a los principales problemas ambientales de la localidad a partir de la tríada «conocimiento – sensibilidad – disposición al cambio». Por esta razón es necesario conocer la percepción que tienen los cuadros directivos y la comunidad local de la situación actual de la cuenca y de los principales problemas ambientales del territorio, pues se trata de dos componentes esenciales del factor humano cuya actuación es decisiva para conseguir los cambios indispensables en la reorientación de los procesos económicos, sociales y culturales hacia formas más sostenibles de usos de la tierra. En este sentido se consideran dos hipótesis: 1) la comunidad local comprende en parte los errores cometidos en el manejo de los recursos de la cuenca y sus consecuencias, pero no percibe vías de participación para encontrar soluciones, y 2) los directivos tienen una clara percepción de las deficiencias que tiene la gestión de la cuenca y de sus consecuencias.

VI.2. Materiales y Métodos

Para el desarrollo de la investigación fue conformado un equipo de trabajo, a fin de poder cumplimentar satisfactoriamente las tareas científicas. En el Anexo 13 se presentan los datos generales de los integrantes y una breve descripción de su participación.

VI.2.1. Análisis de la percepción de la población local y los directivos sobre la situación ambiental de la cuenca

Para realizar este análisis se utilizó la información obtenida directamente de personas pertenecientes y representativas de la población vinculada a la cuenca objeto de estudio, a fin de tantear el conocimiento y la percepción que tienen la comunidad local y los principales directivos del entorno organizacional respecto a la situación de la cuenca y las condiciones de vida de la población. Con este objetivo se elaboró una encuesta para su aplicación a residentes de la comunidad Yaguanabo Arriba (Anexo 20) y una entrevista preconcebida para directivos de la Empresa Pecuaria Sierrita, del Gobierno y del Consejo Popular de la localidad (anexo 21).

Encuesta a pobladores

Para la elaboración y aplicación de la encuesta a los pobladores se tuvo en cuenta los criterio de Rodríguez *et al.* (1996: 185-196). El tamaño de muestra necesario se determinó utilizando la metodología de García Ferrando (2004) para muestras pequeñas y datos cualitativos, basada en la fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \times N \times p \times q}{N \times E^2 + Z^2 \times p \times q}$$

- Donde:
- n: tamaño de la muestra
- Z: Valor de la Tabla de distribución normal según el nivel de confiabilidad.
- N: Población
- p: probabilidad
- q: no probabilidad
- E: error (0,01-0,10)

Se utilizó un sistema de muestreo no probabilístico accidental, al encuestar a las personas adultas que se encontraban en el poblado en el momento de la aplicación de la encuesta (García Ferrando 2004: 150).

Caracterización de la muestra de pobladores encuestados.

Para la descripción de la muestra a la que fueron aplicadas las encuestas se procedió comparando la proporción de los géneros mediante el número de hombres y mujeres encuestados. Las edades se agruparon en tres categorías: hasta los 35 años, entre 35 y 55 años y más de 55 años. Para la caracterización de la muestra respecto a los grupos de edad, niveles de escolaridad y tipos de ocupación se utilizó la frecuencia relativa expresada en por ciento (%). La frecuencia relativa de los niveles de escolaridad y los tipos de

ocupación presentes en la comunidad fue representada mediante gráficos de barras.

Opiniones de pobladores encuestados.

Para el análisis de los resultados de la encuesta a pobladores se utilizó la frecuencia de mención de los problemas ambientales, los medios de información ambiental para la comunidad local y las entidades consideradas responsables, expresada en por ciento (%). De manera análoga se procedió con las opiniones sobre la autopreparación y la disposición para enfrentar los problemas ambientales. Se usó gráficos de barras para representar las frecuencias (%) de mención de los medios de información ambiental los problemas ambientales y las entidades consideradas responsables de los mismos.

Se usó el análisis mediante la Regresión Logística Binaria (Spiegel 1999) para establecer las relaciones entre las variables poblacionales de la muestra y sus opiniones respecto a la existencia de problemas ambientales, la responsabilidad sobre los mismos y su preparación y disposición para solucionar los principales problemas.

Entrevista a directivos

Fueron seleccionados 11 directivos, entre cuadros de la Empresa Pecuaria La Sierrita, que tienen decisión sobre la gestión de la ganadería en la cuenca del río Yaguanabo. Se aplicó el recurso de la «entrevista a informantes clave», considerando incluir en la muestra el mayor número de directivos que tuviesen una permanencia de al menos 20 años de vinculación al territorio.

Para lograr un clima de confianza y adecuada comunicación se tomó en cuenta las experiencias de Morgan y Cogger (1993); además, se estudiaron los criterios de Hernández Sampieri *et al.* (2006: 559-601) para preparar las entrevistas. La guía elaborada está diseñada para obtener las opiniones de los directivos sobre los aspectos económicos, institucionales y socioculturales que guardan relación con la situación ambiental de la cuenca (anexo 22). El muestreo fue realizado de forma intencional, seleccionando a los directivos de mayor peso en la localidad. Las entrevistas fueron realizadas por el propio autor.

Caracterización de la muestra de directivos.

Para la caracterización de la muestra de directivos entrevistados se empleó las proporciones en que se encontraron los géneros, los grupos de edad conformados por los alentadora, pues la mayoría de los encuestados (7 de 11) se encuentra entre los menores de 35 años, los sujetos entre 35 y 55 años, de más de 55 años de edad, y los niveles de enseñanza primaria, media y superior, según correspondió a cada caso.

Análisis de los aspectos incluidos en la entrevista.

El análisis de los aspectos económicos, institucionales y socioculturales se basó en la proporción de las opiniones coincidentes respecto al número total de los directivos entrevistados.

VI.2.2. Programas y recursos estadísticos

Para el procesamiento de la información obtenida en el terreno fueron empleados los programas Excel de Microsoft Office para Windows y SPSS 15.0 para Windows. Los análisis estadísticos se limitaron al cálculo del tamaño de muestra para la aplicación de la encuesta a pobladores, el empleo de frecuencias porcentuales y la regresión logística binaria arriba señalados. Se trabajó para un nivel de confianza del 95 %.

VI.3. Resultados y Discusión

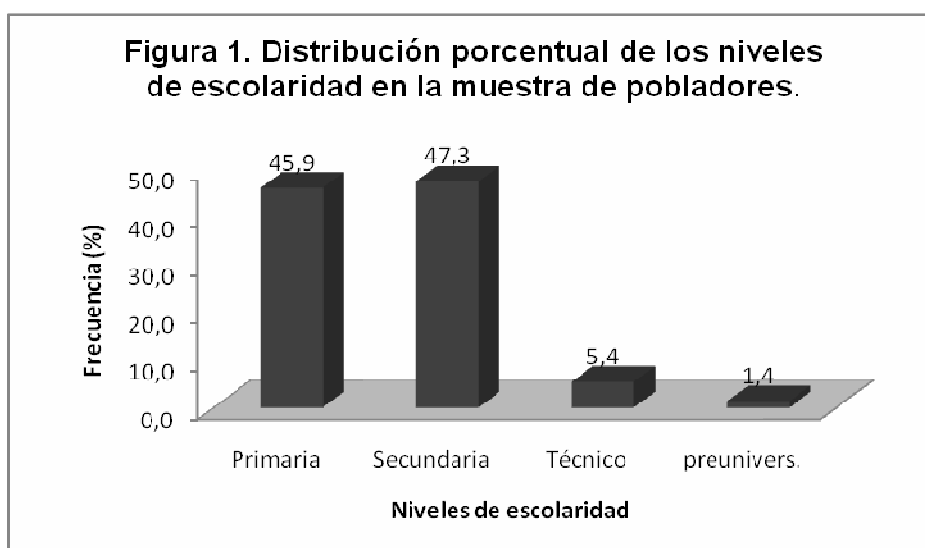
VI.3.1. Análisis de la percepción de la población local y los directivos sobre la situación ambiental de la cuenca

Resultados de la encuesta a pobladores

Caracterización de la muestra de pobladores encuestados.

El tamaño de muestra necesario para la aplicación de la encuesta a las personas adultas del asentamiento poblacional de Yaguanabo Arriba fue calculado en 77,4. En correspondencia, fueron encuestados 78 pobladores, de ellos 37 hombres y 41 mujeres, lo que representa una proporción ligeramente superior del género femenino sobre el masculino que puede estar relacionada con las circunstancias de que las encuestas fueron aplicadas en las viviendas durante el día y que muchos hombres salen temprano a trabajar y no regresan hasta que terminan la jornada.

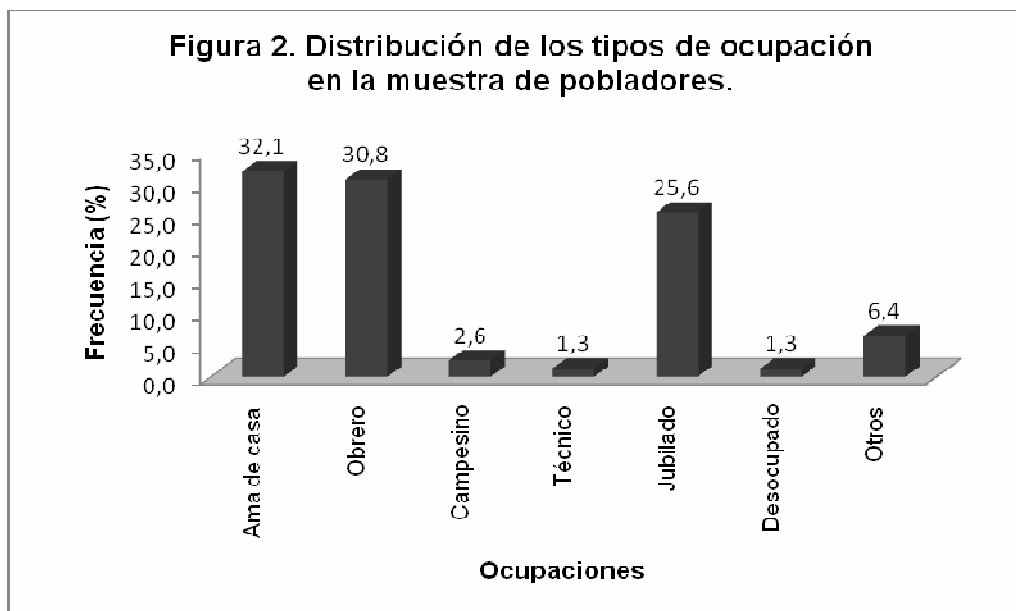
Un 17,9% de los encuestados estuvo en edades hasta los 35 años, un 46,2% estuvo entre 35 y 55 años y el 35,9% estuvo por encima de los 55 años.



En cuanto a los niveles de escolaridad (Figura 1), predomina el nivel medio (enseñanza secundaria), aunque sólo rebasa ligeramente al nivel de enseñanza primaria. Los niveles de técnico medio y enseñanza media superior (preuniversitario) tienen una baja representación. Tal situación no es muy

favorable para la comprensión de los graves problemas ambientales que presenta la cuenca.

Respecto a los tipos de ocupación presentes en la comunidad (Figura 2), predominan las amas de casa, lo que puede estar relacionado con las circunstancias en que fueron aplicadas las encuestas ya comentadas, válidas también para explicar el alto porcentaje de jubilados.



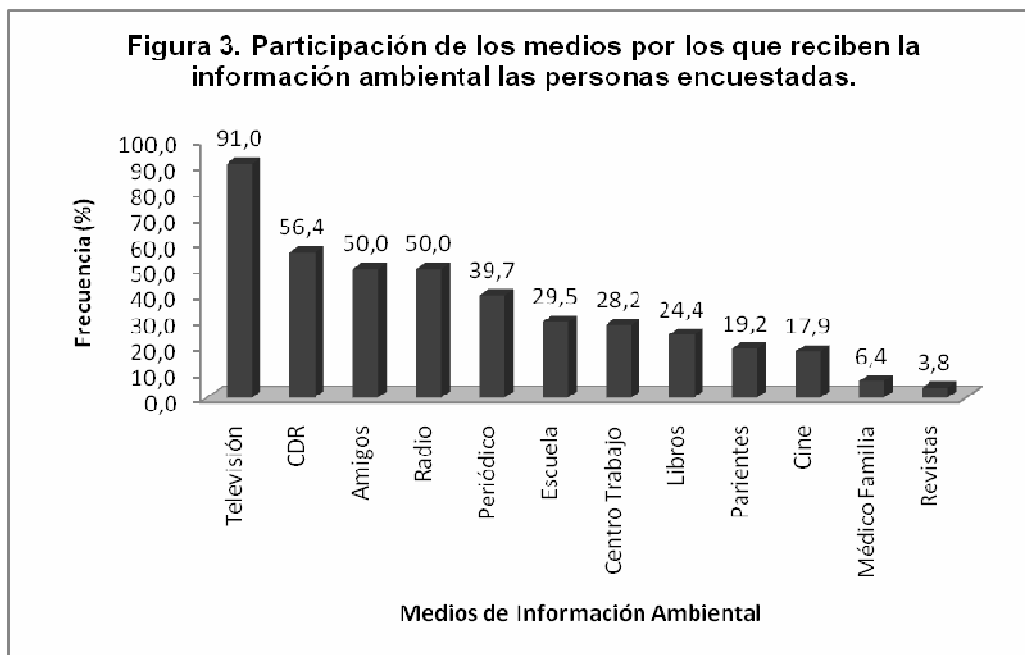
La mayor parte de los trabajadores que perciben un salario proveniente de una entidad estatal corresponde a los obreros. El porcentaje de campesinos es concurrente con las únicas dos familias propietarias de pequeñas fincas que hay en la localidad. Como la ganadería extensiva no requiere mucho personal calificado, las posibilidades de empleo para técnicos y profesionales es muy reducida y así se refleja en la proporción de estas ocupaciones. El nivel de desempleo, sin embargo, puede considerarse bajo. Hay también algunos casos en que se dedican al trabajo por cuenta propia y a realizar tareas por ajuste o temporalmente.

Opiniones de pobladores encuestados.

La mayoría de los encuestados (97,9%) reconoce la existencia de problemas ambientales en la localidad. El 51,3 % opina que recibe abundante información sobre temas ambientales, el 44,9 % dice recibir información suficiente y el 3,0 % no recibe información de este tipo. De acuerdo con las referencias de las personas encuestadas la información ambiental les llega por distintos medios (Figura 3).

La mayoría recibe esta información a través de la televisión, pero los CDR, la radio y la prensa escrita también tienen una importante participación, por lo que es de tener en cuenta la frecuencia y el tipo de información que se maneja en estos medios. Esto indica el significativo papel que juegan los medios masivos de comunicación (televisión, radio y prensa escrita) y la necesidad de potenciarlo y mejorarlo sistemáticamente. Los CDR han jugado un rol trascendental y constituyen un instrumento indispensable en la lucha contra distintas enfermedades de transmisión y en el saneamiento ambiental, pero en localidades como la estudiada es necesario extender su alcance a otros temas

substanciales como la conservación de los suelos, el mejoramiento del paisaje y la preservación de la biodiversidad, ayudando a la comprensión y la participación de la población.



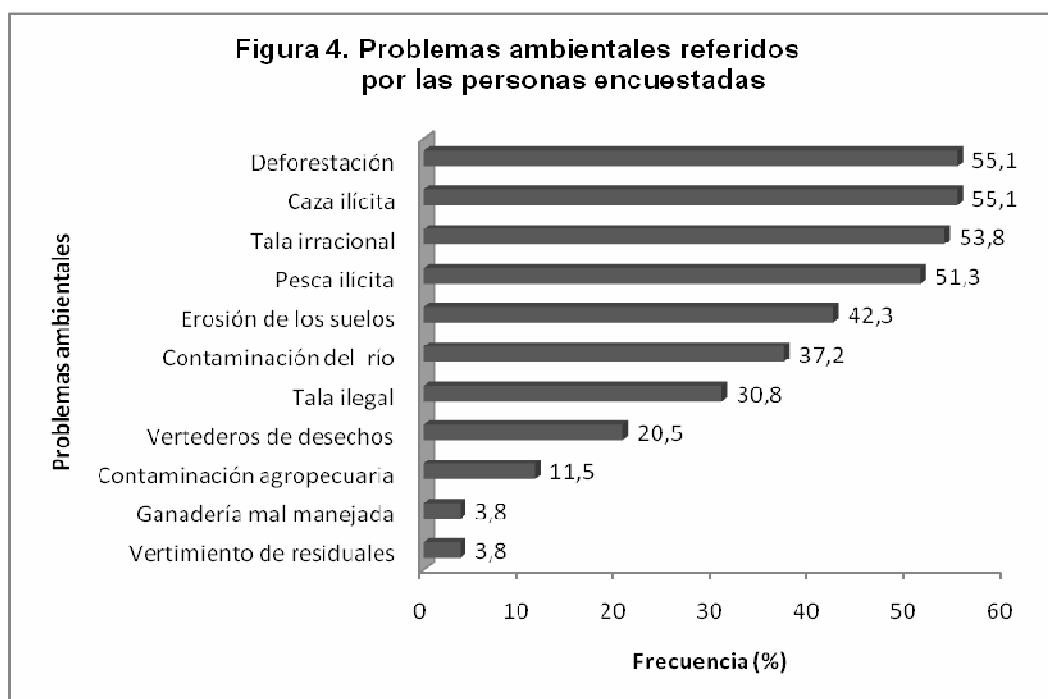
El ambiente laboral (centro de trabajo), aunque es mencionado por algunos de los encuestados no tiene una participación relevante en la difusión de información ambiental; sin embargo, dadas las características de las actividades productivas del territorio, fuertemente dependientes de los recursos del paisaje local y, a menudo, causantes de impactos negativos sobre el medio, debería sistematizarse el análisis de los principales problemas ambientales de la cuenca en el marco organizacional de la actividad ganadera con la participación de los trabajadores.

La información proveniente de otras personas (amigos y parientes) también alcanza una frecuencia importante en conjunto, pero esta vía no siempre es precisa y a menudo conlleva a confusiones y errores.

En una comunidad pequeña como Yaguanabo Arriba, la escuela rural constituye una institución que trasciende el marco del alumnado y alcanza a la familia y demás instituciones de la localidad que se ven involucradas y comprometidas con sus proyectos y actividades. Ya se acumulan importantes experiencias como las del Proyecto Cotorra y Catey y el Proyecto de Educación Ambiental que han demostrado cómo la escuela puede contribuir a la conservación de la naturaleza y ayudar a la solución de los problemas ambientales. En este tipo de comunidad, el médico de la familia es también un elemento clave que tiene un gran peso como orientador y su influencia puede ser muy bien aprovechada para ayudar a cambiar los esquemas de pensamiento y conducta de la comunidad hacia formas más respetuosas y armónicas con la naturaleza y el paisaje local.

La Figura 4 presenta las frecuencias (%) de mención de los problemas ambientales referidos por las personas de la muestra a la que se aplicó la encuesta. La deforestación, en parte una consecuencia de otros problemas

referidos por los encuestados (tala irracional e ilegal), está, junto a la caza ilícita, entre los dos problemas ambientales más mencionados.



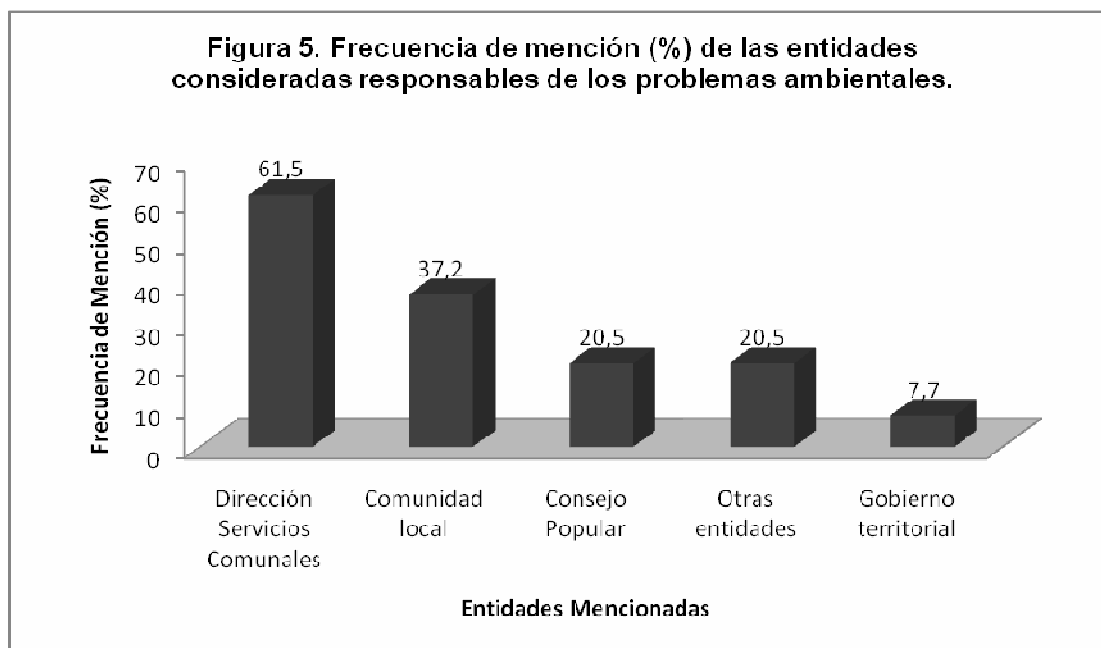
La caza ilícita, la tala irracional e ilegal y la pesca ilícita son actividades asociadas a un uso consuntivo fuera de control de ciertos recursos naturales considerados tal vez entre los más importantes para la población local, sobre todo, porque ofrecen solución a elementales necesidades humanas (alimentos, combustibles, materiales para construir, etc.) que en un ambiente deprimido como el de este territorio, son a menudo deficitarios.

La erosión de los suelos, mencionada por un alto porcentaje de la muestra y palpable desde cualquiera de las visuales que ofrece la cuenca, es también consecuencia de otros problemas mencionados (deforestación, ganadería mal manejada). La contaminación del río Yaguanabo alcanza una considerable frecuencia de mención, lo que está relacionado con el hecho de que este río es fuente de abasto para una población situada aguas abajo y hay una cierta toma de conciencia en los residentes de la comunidad con respecto a las consecuencias que esto puede tener.

La frecuencia de mención relativamente baja de problemas como la presencia de vertederos de desechos, la contaminación agropecuaria, la ganadería mal manejada y el vertimiento de residuales puede estar relacionada con la falta de información sobre estos temas cuya comprensión sólo está al alcance de una pequeña parte de la comunidad, lo que complica su incorporación al sistema de valores que conforman el modo de vida local.

El 94,9% (74) de las personas encuestadas refirió la existencia de problemas ambientales en la localidad. Las entidades que fueron mencionadas como responsables de problemas ambientales son, en orden descendente de frecuencia de mención, la Dirección de Servicios Comunes, la propia

comunidad local, el Consejo Popular, un grupo de otras entidades y el Gobierno territorial (Figura 5).



Tal vez la frecuencia de mención de las entidades consideradas principales responsables de los problemas ambientales esté sesgada por el interés de la comunidad en la solución de ciertos problemas relacionados con los servicios de atención a la población e indisciplinas sociales que afectan a la propia comunidad, pues no se corresponde con la frecuencia de mención de los problemas ambientales (Figura 4) ya comentada.

En el 82,1% (64) de los casos los encuestados consideraron tener una preparación personal suficiente para enfrentar la solución de los problemas ambientales del territorio y manifestaron su disposición para hacerlo.

El análisis mediante la Regresión Logística Binaria permitió establecer las relaciones entre las variables poblacionales de la muestra de pobladores encuestados (grupo de edad, sexo, escolaridad y ocupación) y las opiniones recogidas en la localidad respecto a la existencia de problemas ambientales, la responsabilidad sobre los problemas ambientales (por parte del Gobierno del territorio, la Dirección de Servicios Comunes, el Consejo Popular, la comunidad residente y otras entidades), la preparación de las personas residentes para solucionar los principales problemas y su disposición para hacerlo (anexo 22).

No se encontró relaciones significativas entre las variables poblacionales y las opiniones sobre la existencia de problemas ambientales en la localidad, la responsabilidad del Gobierno territorial, el Consejo Popular, la comunidad local y otras entidades en los problemas ambientales del territorio. Pero en las opiniones sobre la responsabilidad de la Dirección de Servicios Comunes, el género (B 7,466; E.T. 3,598; Wald 4,306; gl 1; significación 0,038) y el grupo ocupacional (B -2,308; E.T. 0,970; Wald 5,664; gl 1; significación 0,017) mostraron relaciones significativas, aunque en el resto de las variables

poblacionales (grupo de edad y escolaridad) no se encontró relaciones de significación. Esto refleja una cierta incompreensión de las causas de los problemas y también obedece a la preocupación por las necesidades más perentorias que afectan a la comunidad. Las relaciones significativas del género y el grupo ocupacional con las opiniones sobre la responsabilidad de la Dirección de Servicios Comunes, evidentemente son congruentes con la elevada participación femenina en la muestra.

La opinión sobre la preparación personal para solucionar los problemas ambientales del territorio no mostró relaciones significativas con las variables poblacionales, excepto en el nivel de escolaridad (B -1,640; E.T. 0,628; Wald 6,818; gl 1; significación 0,009); las personas de más bajo nivel escolar se consideran preparadas para enfrentar la solución de los principales problemas. No se encontró relaciones significativas entre las variables poblacionales y la opinión sobre la disposición personal para solucionar los problemas ambientales.

En general, los pobladores consideran que existen problemas ambientales en el espacio natural de su área de residencia y entre los más significativos mencionan la caza ilícita, la deforestación, la tala irracional, la pesca y la erosión de los suelos, considerando a la comunidad como uno de los principales responsables de los problemas ambientales.

Muy significativo resulta que a pesar de poseer escasa información ambiental, están todos dispuestos a involucrarse en el rescate de los valores del Valle de Yaguanabo.

Resultados de la entrevista a directivos

Caracterización general de la muestra.

En cuanto a la participación de los géneros en la muestra de directivos se puede comprobar que hay un predominio total del género masculino (10 de 11), lo que se considera negativo, pues refleja una cierta segregación de la mujer en tareas que puede desempeñar satisfactoriamente y que requieren tal vez de su sensibilidad para comprender los procesos ambientales y ayudar a tomar ciertas decisiones que promuevan actuaciones menos agresivas contra el paisaje y favorezcan su recuperación.

La participación por grupos de edad es alentadora, pues la mayoría de los encuestados (7 de 11) se encuentra entre los 35 y 55 años, lo que significa que están en plena madurez y capacidad para trabajar con eficiencia; por otro lado, la proporción de cuadros jóvenes en desarrollo (3 de 11) menores de 35 años, parece adecuada para la satisfacción de las necesidades de renovación; además, la presencia de un directivo (1 de 11) con más de 55 años de edad significa contar con una fuente de conocimientos y experiencias que puede ser de gran valor.

En cuanto a escolaridad, la mayoría de los directivos tienen nivel medio (4 de 11) o superior (4 de 11), lo que supone una buena preparación para el desarrollo de sus responsabilidades, pero el hecho de que aún quede una proporción importante (3 de 11) que sólo tienen el nivel de enseñanza primaria

constituye un impedimento para poder avanzar hacia formas más sostenibles de gestión en la ganadería.

Análisis de los aspectos económicos.

La mayoría de los directivos (9 de 11) cree que el deterioro ambiental acumulado ha reducido la productividad del territorio

Sólo dos de los directivos entrevistados considera que parte de los beneficios económicos de la actividad pecuaria se revierte en la recuperación de la productividad del territorio, la mayoría (8 de 10) considera que no se dedican fondos a este objetivo y uno de ellos no emitió su criterio al respecto.

Más de la mitad de los directivos (6 de 11) opinaron que el impacto de la actividad ganadera en la que trabajan está deteriorando el ambiente y los recursos naturales. Sin embargo, la mayoría (9 de 11) considera que la entidad que dirige realiza un adecuado uso del suelo de acuerdo con su vocación.

La mayoría (9 de 11) creen que aún existen recursos naturales que pueden ser aprovechados para incrementar la productividad del territorio y el efecto de las actividades económicas locales. Todos consideran que es posible ampliar el espectro de las actividades y aprovechamiento de recursos dentro del territorio.

Sólo uno de los directivos consultados considera que la empresa ganadera está invirtiendo en el mejoramiento ambiental y productivo del territorio y ninguno cree que la economía del territorio está destinando suficientes recursos para conseguir estos fines.

Solo dos de los directivos entrevistados conocen algunas de las especies de la flora y la fauna amenazadas de extinción que existen en el territorio y sólo uno conoce de las investigaciones que se llevan a cabo para la conservación de especies silvestres. Sólo tres han contribuido con los trabajos de conservación de la naturaleza.

Respecto a la calidad del paisaje natural del territorio siete de los directivos la valoran de alta, tres de ellos la consideran media y uno cree que es baja. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que la mayoría de estas personas sólo tienen un apreciación estética y más bien visual del paisaje, sin que consideren su dinámica y funcionalidad ecológica.

Análisis de los aspectos institucionales.

La mayoría de los directivos consultados considera deficientes (8 de 11) los vínculos e interacciones de su entidad con el resto de las instituciones locales y con la comunidad.

La mayoría (8 de 11) considera que su entidad tiene en cuenta el interés de la población local para su gestión, dos de ellos consideran que no lo suficiente y uno opina que no lo toma en cuenta. La mayor parte de los entrevistados opina que la participación local en el proceso de dirección y la toma de decisiones es media, mientras que uno la considera alta y otro baja.

Análisis de los aspectos socioculturales.

Menos de la mitad de los directivos (5 de 11) considera que las condiciones de vida de la población residente en el territorio son adecuadas, dos de ellos opinan que son aceptables y cuatro que son inadecuadas.

La mayoría (9 de 11) considera que se mantiene el respeto y la continuidad de las tradiciones locales de la población y dos de ellos opinan lo contrario.

La mayor parte de los directivos (7 de 11) considera que no se satisfacen las necesidades de la población en cuanto a servicios y alimentación, aunque cuatro de ellos opinan que son satisfechas.

La mayoría (7 de 11) considera que las actividades económicas existentes en el territorio no garantizan el empleo a toda la población local; sin embargo, cuatro de ellos opinan que sí.

Los directivos consultados opinan en su mayoría (10 de 11) que la población local no tiene garantizada las posibilidades de superación, información y acceso al desarrollo cultural. Sólo uno considera que sí.

Validación de la hipótesis planteada.

Se valida la hipótesis de que los directivos tienen una clara percepción de las deficiencias que tiene la gestión de la cuenca y de sus consecuencias, pues a pesar de la evidente carencia de cultura ambiental y el poco dominio de la ecología aplicada, mostraron una clara percepción de la mayoría de las deficiencias que tiene la gestión de la cuenca y de sus consecuencias. La opinión predominante es que la actividad ganadera está deteriorando el ambiente y los recursos naturales y que el deterioro ambiental acumulado ha reducido la productividad del territorio.

La mayoría evidenció, sin embargo, algunos importantes errores conceptuales en las opiniones emitidas. Esto es evidente, por ejemplo, al considerar adecuado el uso actual de los suelos de acuerdo con su vocación, cuando se sabe que uno de los factores de degradación ha sido el pastoreo en áreas de altas pendientes. Hay también notables contradicciones en los criterios mayoritarios de los directivos, apreciables cuando se afirma que en la gestión de la empresa ganadera se tiene en cuenta los intereses de la comunidad y que se respetan las tradiciones locales, promoviéndose su continuidad, mientras que se afirma también que no son satisfechas las necesidades de la población, que el empleo no está asegurado para la población, que son deficientes los vínculos e interacciones con el resto de las instituciones locales y con la comunidad y que no está garantizado el acceso a la superación, la información y la cultura; además, no es posible mantener importantes tradiciones cuando los recursos naturales involucrados en ellas no son ya accesibles.

VI.4. Conclusiones

1. El estudio permitió evaluar las variables de interés con especial énfasis en el conocimiento, la sensibilidad y la disposición al cambio, de manera que permite trazar las pautas y políticas necesarias para la transformación de la situación actual de los recursos naturales.
2. A pesar de la evidente carencia de cultura ambiental y el poco dominio de la ecología aplicada, los directivos mostraron una clara percepción de la mayoría de las deficiencias que tiene la gestión de la cuenca y de sus consecuencias. La opinión predominante es que la actividad ganadera está deteriorando el ambiente y los recursos naturales, que el deterioro ambiental acumulado ha reducido la productividad del territorio y que no se dedican fondos ni recursos al mejoramiento ambiental y productivo del territorio. La mayoría evidenció, sin embargo, algunos importantes errores conceptuales, como considerar adecuado el uso actual de los suelos de acuerdo con su vocación. Por otro lado, se percibe un cierto posicionamiento defensivo en opiniones emitidas que se oponen a las evidencias encontradas como decir que la gestión ganadera tiene en cuenta los intereses de la población local, que se respetan y se da continuidad a las tradiciones locales. Reconocen sin embargo que las necesidades de la población no están satisfechas, que no está garantizado el empleo, que son deficientes los vínculos e interacciones con el resto de las instituciones locales y con la comunidad, y que son insuficientes las vías para la superación, la información y el acceso a la cultura. Opinan también que aún existen recursos naturales que pueden ser aprovechados para incrementar la productividad del territorio y que es posible ampliar el espectro de las actividades económicas y el aprovechamiento de recursos.
3. Los directivos desconocen de las investigaciones que se llevan a cabo en el territorio para la conservación de especies de la flora y la fauna, así como las plantas y animales amenazados de extinción dentro de su área, lo que denota una falta de información y cultura ambiental.
4. La comunidad local comprende en parte los errores cometidos en el manejo de los recursos de la cuenca y sus consecuencias, pero no percibe vías de participación para encontrar soluciones. Resulta interesante el reconocimiento de la población ante su autorresponsabilidad en los problemas existentes y la degradación del paisaje.
5. Los principales errores de manejo que son de conocimiento general por parte de la comunidad local son el uso incontrolado de pesticidas y otros agroquímicos, el mal manejo de las áreas de pasto, el uso inadecuado del fuego, el fomento de áreas de pasto a costa de la deforestación en sitios de altas pendientes, la ausencia de medidas agrotécnicas y de conservación de suelos, las violaciones de las regulaciones para la protección de los recursos hídricos y el permanente mal estado de los caminos por no cumplirse las normas de construcción y mantenimiento.
6. Los problemas más graves, consecuencias de los errores de manejo, que fueron mencionados por la comunidad son, en orden descendente, la deforestación, la caza ilícita, la tala irracional, la pesca ilícita, la erosión de los suelos, la tala ilegal, los vertederos de desechos, la contaminación

agropecuaria, la ganadería mal manejada y el vertimiento de residuales. La comunidad se considera a sí misma como uno de los principales responsables. Entre las principales consecuencias mencionadas están la contaminación del río Yaguanabo, la pérdida y degradación de los suelos y la vegetación, el desarrollo de cárcavas y el deslizamiento de taludes en caminos, y la invasión de áreas por el Marabú (*Dichrostachys cinerea*). Se reconocen los efectos negativos sobre la productividad de la cuenca y el paisaje en general.

7. La caza ilícita, la tala irracional e ilegal y la pesca ilícita son actividades asociadas a un uso consuntivo fuera de control de ciertos recursos naturales considerados tal vez entre los más importantes para la población local, sobre todo, porque ofrecen solución a elementales necesidades humanas (alimentos, combustibles, materiales para construir, etc.) que en un ambiente deprimido como el de este territorio, son deficitarios.
8. La erosión de los suelos, mencionada por un alto porcentaje de la muestra y palpable desde cualquiera de las visuales que ofrece la cuenca, es también consecuencia de otros problemas mencionados (deforestación, ganadería mal manejada). La contaminación del río Yaguanabo alcanza una considerable frecuencia de mención, lo que está relacionado con el hecho de que este río es fuente de abasto para una población situada aguas abajo y hay una cierta toma de conciencia en los residentes de la comunidad con respecto a las consecuencias que esto puede tener.
9. Las entidades que fueron mencionadas como responsables de problemas ambientales fueron, en orden descendente de frecuencia de mención, la Dirección de Servicios Comunes, la propia comunidad local, el Consejo Popular, un grupo de otras entidades y el Gobierno territorial. Esto refleja una cierta incompreensión de las causas de los problemas y también obedece a la preocupación por las necesidades más perentorias que afectan a la comunidad. En las opiniones sobre la responsabilidad de de la Dirección de Servicios Comunes, el género y el grupo ocupacional mostraron relaciones significativas, lo que evidentemente está relacionado con la elevada participación femenina en la muestra.
10. En la actualidad la comunidad se encuentra virtualmente deprimida desde el punto de vista económico debido al decrecimiento de la ganadería como actividad económica fundamental y al endurecimiento de las condiciones ambientales, dada la degradación de los principales recursos. Sin embargo en los pobladores, se aprecia un alto sentido de pertenencia, así como su disposición a enfrentar los cambios necesarios para la restauración del ecosistema y la diversificación económica.
11. Tanto la población local, como los directivos consultados, confirman el *status* de cuenca mal manejada referido en el capítulo anterior en correspondencia con la escala de valoración establecida por Jiménez (2004a) y evidencian comprensión de los principales problemas.

VI.4.1. Recomendaciones

1. Una estrategia viable para incentivar la recuperación del paisaje en la cuenca puede ser un reordenamiento espacial de los usos del suelo en atención a los cambios ocurridos en la cuenca y la entrega de parcelas en usufructo a las familias residentes en la localidad.
2. Establecer mecanismos para fomentar la participación de la comunidad en las tareas de conservación y su acceso al aprovechamiento de ciertos recursos naturales para reforzar el sentido de pertenencia al territorio y formar un sentimiento de apropiación sobre los recursos naturales.
3. Incentivar experiencias como la asociación MINED-Flora y Fauna que ha conseguido importantes éxitos en la educación ambiental y la incorporación de los pobladores a tareas de conservación e investigación sobre los recursos naturales del territorio.
4. La participación de géneros muy asimétrica refleja cierta segregación de la mujer, cuya sensibilidad se requiere para comprender los procesos ambientales y ayudar a tomar ciertas decisiones que promuevan actuaciones menos agresivas contra el paisaje y favorezcan su recuperación.
5. Es recomendable extender el trabajo de las organizaciones masivas de la localidad a temas substanciales como la conservación de los suelos, el mejoramiento del paisaje y la preservación de la biodiversidad para contribuir así a la comprensión y la participación de la población.
6. El ambiente laboral (centro de trabajo), aunque es mencionado por algunos de los encuestados no tiene una participación relevante en la difusión de información ambiental; sin embargo, dadas las características de las actividades productivas del territorio, fuertemente dependientes de los recursos del paisaje local y, a menudo, causantes de impactos negativos sobre el medio, debería sistematizarse el análisis de los principales problemas ambientales de la cuenca en el marco organizacional de la actividad ganadera con la participación de los trabajadores.

CAPÍTULO VII. CONCLUSIONES GENERALES

1. La erosión de los suelos, los usos inadecuados de la tierra y la deforestación son las causas fundamentales del deterioro del paisaje en la cuenca del río Yaguanabo, afectando los restantes componentes del medio físico natural y la calidad de vida de la población asentada en la cuenca.
2. No se justifica el empleo del método radioactivo del Cesio – 137 para efectuar estudios de erosión en cuencas hidrográficas como la del río Yaguanabo, así como en otros ecosistemas con características similares del país, dada la variabilidad espacial de los tipos de suelo y el relieve.
3. Los procedimientos y métodos empleados en la presente investigación permitieron abordar el análisis de los procesos que afectan el paisaje en la cuenca estudiada desde una perspectiva holística, sistémica e integradora, que puede enriquecer la tradicionalidad metodológica que caracteriza este tipo de estudios en el país.
4. Se reconoce la condición de mal manejada de la cuenca del río Yaguanabo. Los problemas más graves de manejo están asociados a la erosión de los suelos, la deforestación, la ganadería mal ordenada, la tala irracional, la contaminación de las aguas, la caza ilícita, la pesca ilícita, los vertederos de desechos sólidos, la contaminación agropecuaria y el vertimiento de residuales líquidos. Existe una comprensión, tanto en la comunidad local, como en del territorio, respecto a su responsabilidad con el estado actual de la cuenca.
5. Los volúmenes de las precipitaciones mensuales no presentan tendencia en la serie cronológica analizada, pero su frecuencia muestra una tendencia al incremento que hace esperar un aumento de los días con lluvia, aunque esto no significa que llueva más. Las proporciones de las lluvias de los períodos seco y lluvioso se presentan similares a las de la mayor parte del país. La distribución de los volúmenes de lluvia por mes es diferente en cada año, tanto en época seca, como lluviosa. En general, la variabilidad de la frecuencia de las precipitaciones, tanto en época seca como lluviosa, es moderada y similar al resto del país. No se confirma la existencia de tendencia en los volúmenes y las frecuencias de las precipitaciones anuales, quedando descartada la hipótesis inicial que suponía una declinación en la frecuencia y el volumen de las precipitaciones en el territorio de la cuenca.
6. La lluvia por día de la serie analizada muestra diferencias importantes según el origen. Los mayores volúmenes acumulados corresponden a las depresiones (30,8%), seguidos en orden por las lluvias convectivas (26,1%), las tormentas tropicales (19,5%), los frentes fríos (16,0%) y los huracanes (7,5%). La mayor frecuencia de precipitaciones corresponde a las lluvias convectivas (35,4%), seguidas de las depresiones (26,6%), los frentes fríos

- (19,6%), las tormentas tropicales (13,0%) y los huracanes (5,5%). Se puede inferir entonces que las lluvias de mayor peso, son las convectivas y las ocasionadas por depresiones. Sólo los huracanes mostraron tendencia al incremento, lo que se corresponde con el aumento de la ocurrencia e intensidad de estos fenómenos, asociado al cambio climático. De acuerdo con el comportamiento de las precipitaciones anuales por origen en cuanto a volumen y frecuencia, queda validada la hipótesis inicial respecto a las variaciones en proporción de las lluvias según su origen a través del tiempo.
7. Existe una variación importante de la acidez de las lluvias en la serie cronológica analizada, pero no se aprecia tendencia en la concentración de hidrogeniones, ni en los aportes de H^+ que recibe la cuenca. La época seca presenta un valor medio de $[H^+]$ mayor que el de la época lluviosa.
 8. La concentración de hidrogeniones $[H^+]$ de las lluvias según su origen es diferente. Los mayores aportes de acidez provienen de eventos meteorológicos exógenos, lo que da validez a la hipótesis inicial que relaciona la ocurrencia de lluvias ácidas con el origen de las precipitaciones. Más de la mitad de las lluvias que ocurren en la cuenca son ácidas. Excepto en las convectivas, todos los orígenes muestran un predominio de lluvias ácidas.
 9. Los valores de pH y conductividad eléctrica obtenidos en las muestras de agua del río Yaguanabo están en el rango que prescriben las normas cubanas NC 93-11 y NC 93-02, lo que rechaza la hipótesis inicial de que la calidad del agua de este río está afectada por la acidez de las lluvias que ocurren en la cuenca.
 10. Es recomendable medir el pH y el caudal a las lluvias ocasionadas por eventos exógenos de lluvias intensas y prolongadas y simultáneamente realizar los correspondientes análisis de las aguas del río, a fin de poder evaluar el efecto de las precipitaciones.
 11. En toda el área de la cuenca fueron inventariadas 310 especies de plantas superiores, pertenecientes a 82 familias botánicas. De las plantas inventariadas, 22 (7,1%) se consideran escasas, 101 (32,6%) poco abundantes, 174 (56,1%) abundantes y 13 (4,2%) muy abundantes. Entre las especies escasas se encuentran importantes componentes de las formaciones naturales presentes en la cuenca, algunas de las cuales se consideran en distintos grados de amenaza de extinción. Entre estas especies destacan *Coccothrinax crinita*, *Rheedia aristata*, *Pera bumelifolia*, *Albizia cubana*, *Copaifera hymenaeifolia*, *Juglans insularis* y otras de gran valor. Resalta la ausencia de *Magnolia cubensis*, endémica cubana y emblemática especie forestal del territorio.
 12. Existe un grupo de especies nativas que han alcanzado una elevada dispersión y abundancia relativa en detrimento de otras, las coberturas herbáceo-arbustiva y arbórea muestran una disminución significativa y la presencia de *Syzygium jambos* en las márgenes del río Yaguanabo representa un claro peligro por su carácter invasor y sus efectos negativos sobre la calidad del agua. Esto sugiere una necesidad de intervención en busca de la estructura y funcionalidad de las formaciones originales.

13. La aparición de especies xerofíticas en sitios deforestados representa el peligro de sustitución definitiva de las formaciones originales por una vegetación xeromórfica asociada a procesos de desertización.
14. Los valores medios de Diversidad (H') y Equitatividad (J) muestran similitud en los años 1987 y 1988 y diferencias significativas de estos años con relación a 2004, lo que evidencia un cierto deterioro de la vegetación en la cuenca.
15. El listado de las especies inventariadas incluye la casi totalidad de las plantas presentes en el valle de río Yaguanabo hace más de 60 años y más del 64% de las especies nativas se consideran abundantes o muy abundantes. Por estas razones se puede inferir que bajo un adecuado régimen de manejo es posible la recuperación paulatina de las formaciones originales.

BIBLIOGRAFÍA

- Alebic, J. A. 1995. Trends in sulphur dioxide concentrations and sulphur deposition in the urban atmosphere of Rijaka (Croatia) 1984-1993. *Water, Air and Soil Pollution* 85:2199 - 2204.
- Archibald, B. C. 1990. Parameter space of the Holt-Winters' model. *International Journal of Forecasting*, No. 6, pp 199-209.
- Avila A, y M. Alarcón. 1999. Relationship between precipitation chemistry and meteorological situations at a rural site in NE Spain. *Atmospheric Environment* 33:1663-1677.
- Ávila, A. 1996. Time trends in the precipitation chemistry at a mountain site in north-eastern Spain for the period 1983-1994. *Atmospheric Environment* 30:1363 - 1373.
- Azorín Villar, Antonio y Bárbara Cruz Fraga. 1987. Consideraciones sobre el manejo del Puerco Jíbaro (*Sus scropha*) en el Valle de Yaguanabo. 79 h. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Forestal)-- Facultad Forestal. Centro Universitario de Pinar del Río.
- Baudry, J. 1986. Approche ecologique du paysage. Collection INRAP. Lectures du paysage. Paris, pp.22 – 32. En Mateo, J. 2000. Libro Geografía de los Paisajes, preparado para publicación. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía, La Habana, Cuba.
- Bonet, Andreu, Juan Bellot y Juan Peña. 2004. Landscape Dynamics in a Semi-arid Mediterranean Catchment (Se Spain). *Recent Dynamics of Mediterranean Vegetation and Landscape*. Edited by S. Mazzoleni. John Wiley & Sons, Ltd ISBN: 0-470-09369-2
- Borhidi, A. y O. Muñiz. 1983. Catálogo de Plantas Cubanas Amenazadas o Extinguidas. Instituto de Botánica. Academia de Ciencias de Cuba. Editorial Academia. 85 p.
- Box, G. E. P. y G. M. Jenkins. 1976. Time Series Analysis: Forecasting and control. Holden-Day, San Francisco.
- Braimoh, A. K, and P.L. Vlek. 2005. Land-Cover change trajectories in Northern Ghana. *Environmental Management, Electronic version*
- Bridgman, H. A. 1989. Acid rain studies in Australia and New Zealand. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 18: 137 – 146.
- Brimblecombe P., Hara H., Houle D., Novak M. (eds.). 2007. Acid Rain - Deposition to recovery. Springer.
- Brockwell, P. J. y R. A. Davis. 1996. Introduction to Time Series and Forecasting. Springer Verlag, New York.
- Brown, R. G. 1962. Smoothing, Forecasting and Prediction of Discrete Time Series. Prentice-Hall, New York.

- Brown, R. G. y R. F. Meyer. 1961. The fundamental theorem of exponential smoothing. *Operations Research*, No. 9, pp 673-685.
- Camprodon i Subirachs, Jordi y Eduard Plana Bach. 2001. Conservación de la biodiversidad y gestión forestal: su aplicación en la fauna vertebrada. Centre Tecnològic Forestal de Catalunya. Edicions Universitat de Barcelona. 469 pp. ISBN: 84-8338-275-X.
- Cárdenas Rodríguez, Yenysbel. 2006. Propuestas de acciones ambientales integrales en la Cuenca Yaguanabo, Cienfuegos: Una contribución al MICAC. Cienfuegos, 97 h. Tesis (en opción al título de Máster en Manejo Integrado de la Zona Costera). Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez".
- Carratalá A, Bellot J, Gómez A, y Millán M. (1996). African dust influence on rainwater on the eastern coast of Spain, en Guerzoni & Chester R (eds.) *The impact of desert dust across the Mediterranean*, 323-332. Kluwer Academic Publishers.
- Castro, F. 1997. Instrucción sobre la protección y rehabilitación de las cuencas hidrográficas del país. La Habana, CITMA.
- CEPAL. 1997. Creación de entidades de cuenca en América Latina y el Caribe. Documento preparado por la División de Medio Ambiente y Desarrollo de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) para la Asamblea General de la Red Internacional de Organismos de Cuenca (RIOCI), Valencia, España, del 2 al 4 de octubre de 1997. Original en Español. 33 pp. Distr. Restringida. LC/R 1739.
- Chamizo, Rubén de J., Julia Cobas y Roberto Gómez. 2010. Áreas protegidas, cuencas hidrográficas y conservación de recursos naturales en Cienfuegos. *Anuario de Ciencia y Tecnología*. CIGET, CITMA Cienfuegos. (Aceptado).
- Chapin, F. S., B. H. Walker, y R.J. Hobbs. 1997. Biotic control over the functioning of ecosystems, *Science*, 277: 500-504.
- Chatfield, C. 1978. The Holt-Winters forecasting procedure. *Applied Statistics*, No. 27, pp 264-279.
- CIGEA. 2004. Situación Ambiental Cubana. V Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Palacio de las Convenciones de La Habana. Cuba
- CITMA. 2000. Informe Nacional IV Conferencia de las Partes. Convención de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía. La Habana, 55p...
- CITMA. 2001. Síntesis del Diagnóstico de la Desertificación y la Sequía en Cuba. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Documento de Word. 14 pp.
- CONAZA-FAO. 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México. 1 ed. Coahuila, México. Comisión Nacional de las Zonas Áridas (México)-FAO.. 160 p. En Jiménez, Francisco. 2004. Problemas Ambientales Mundiales: La Desertificación. Curso de Maestría. Manejo de Cuencas Hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 8 pp.

- De Mello WZ. 2001. Precipitation chemistry in the coast of the metropolitan Region of Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Pollution* 114:235-242.
- Díaz Pérez, Yosvanis A. y Antonio de J. Fernández García. 2003. Cuba Forecast. Versión 3.8. Para el pronóstico de variables meteorológicas a corto y mediano plazo. Marzo 2003. En CD.
- Díaz, M., F. J. Pulido, y T. Marañón. 2003. Diversidad biológica y sostenibilidad ecológica y económica de los sistemas adhesados. *Ecosistemas* 2003
- Dos Santos M. A., C. F. Illanes, A. Fornaro y J. J. Pedrotti. 2007. Acid rain in downtown Sao Paulo City, Brazil. *Water, air and soil Pollution* 7:85-92.
- Dourojeanni, Axel y Andrei Jouravlev. 1999. *Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), LC/R.1948, 16 de diciembre de 1999 (disponible en Internet: <http://www.eclac.cl/publicaciones/RecursosNaturales/8/LCR1948/LCR1948-E.pdf>).
- Dourojeanni, Axel y Andrei Jouravlev. 2001. *Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua (Desafíos que enfrenta la implementación de las recomendaciones contenidas en el capítulo 18 del Programa 21)*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), LC/L.1660-P, diciembre de 2001, Serie Recursos Naturales e Infraestructura No 35, Santiago, Chile (En: <http://www.eclac.cl/publicaciones/SecretariaEjecutiva/0/LCL1660PE/lcl1660PE.pdf>)
- Dourojeanni, Axel y Andrei Jouravlev. 2002. GESTIÓN DE RECURSOS A NIVEL DE CUENCAS. Foro Agua para las Américas en el Siglo XXI, México, 8 al 11 de octubre de 2002. PDF. 16 pp.
- Dourojeanni, Axel. 1994. Políticas públicas para el desarrollo sustentable: la gestión integrada de cuencas, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y Centro Interamericano de Desarrollo e Investigación Ambiental y Territorial (CIDIAT), Mérida, Venezuela, 1994, ISBN: 980-292-438-5.
- Drablos D. Tollan A (eds.) (1980) Ecological impact of acid precipitation. SNSF Project, Oslo-As.
- Dunn, C.P., Sharpe, D.M., Guntenspergen, G.R., Stearns, F. and Yang, Z. 1991. Methods for analyzing temporal changes in landscape pattern, in Turner, M.G. and Gardner, R.H. (eds) *Quantitative Methods in Landscape Ecology: The Analysis and Interpretation of Landscape Heterogeneity*, Springer-Verlag, New York.
- ENPA. 1993. Plan de Manejo Área Protegida "Valle de Yaguanabo". Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios. Establecimiento Cienfuegos. Ministerio de la Agricultura. Diciembre de 1993. Mecnografiado. 226 p.
- Escarré, A., Alicia Bernabé, M Aldoguer, Rosa Verdú, R. Escarré, Asunción Argulló y A. Perni. 1977. Ciencias de la tierra y del medio ambiente. Ciencias de la naturaleza y la salud. Santillana Bachillerato. Madrid, España (12) p 296 – 308.

- Farina, A. 1998. *Principles and Methods in Landscape Ecology*, Chapman and Hall, London.
- Faustino, A. 2000. Curso de Manejo de Cuencas. Módulo 1 –Conceptos Generales sobre Gestión y Manejo de Cuencas, Diagnóstico y Línea Base. Tegucigalpa: CATIE, 2001.
- Flues M., P. Hama, M. J. Lernes, E. S. K. Dantas y A. Fornaro. 2002. Evaluation of the rain water acidity of a rural region due to a coal-fired power plant in Brazil. *Atmospheric Environment* 36:2397-2404.
- Foell, W., C. Green, M. Amann, S. Bhattacharya, G. Carmichael, M. Chacwick, S. Cinderby, T. Haughland, J. P. Heittelingh, L. Hordijk, J. Kuylenstierna, J. Shah, R. Shrestha, D. Streets y D. Zhao. 1995. Energy use, emission, and air pollution reduction strategies in Asia. *Water Air and Soil Pollution*. 85:2277 - 2282.
- Forman, R.T.T. y Godron M. 1986. *Landscape Ecology*, Wiley, New York. 4. *Driving forces of land-use change in a cultural landscape of Spain* 19
- Freedman, B. 1989. Environmental ecology. The impacts of pollution and other stresses in ecosystem structure and function. Academic Press.
- Freund, John E. 1972. Estadística Elemental Moderna. Ed. Pueblo y Educación. Instituto Cubano del Libro. La Habana, Cuba. 466 pp.
- García Ferrando, Manuel. 2004. Introducción a la estadística en la sociología. Manuales / Ciencias Sociales. Alianza Editorial, S.A., Madrid. 557 pp. ISBN: 84-206-8700-6.
- García, Jorge M. 2002. Algunas cuestiones sobre el desarrollo de la gestión ambiental cubana. Medio ambiente y Desarrollo. Año 2, p. 1683-8904. En Mateo, J. 2000. Libro Geografía de los Paisajes, preparado para publicación. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía, La Habana, Cuba.
- Heij G. J. Y T. Schneider (eds.). 1994. Acidification Research in the Netherlands: Final Report of the Dutch Priority Programme on Acidification. Elsevier.
- Hernández Sampieri, Roberto, Carlos Fernández-Collado y Pilar Batista Lucio. 2006. Metodología de la Investigación. Cuarta Edición. McGraw-Hill Interamericana (ed.). 850 pp.
- Hoel, Paul G. 1971. Estadística Elemental. Edición Revolucionaria. Instituto Cubano del Libro. La Habana. 400 pp.
- Holt, C. C. 1957. Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. ONR Research Memorandum 52, Carnegie Institute of Technology, Pittsburgh.
- Hutchinson, T. C. y M. Havas (Eds.). 1980. Effects of acid precipitation on terrestrial ecosystems. Plenum Press.
- IPF. 1981a. Instrucciones de proyecto. Geomorfología. Desmembramiento Horizontal. p5.
- IPF. 1981b. Instrucciones de proyecto. Geomorfología. Desmembramiento Vertical. P7.

- IPF. 1981c. Instrucciones de proyecto. Geomorfología. Pendiente. P 10.
- Jiménez, Francisco. 2004a. Metodología rápida para estimar el manejo de una microcuenca. Unidad de Manejo de Cuencas Hidrográficas. CATIE. sp.
- Jiménez, Francisco. 2004b. Problemas Ambientales Mundiales: La Desertificación. Curso de Maestría. Manejo de Cuencas Hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica. 8 pp.
- Johnson, N. y R. A. Parnell. 1986. Composition, distribution and neutralization of acid rain derived from Masaya volcano, Nicaragua. *Tellus Series B Chemical & Physical Metereology* 38:106-117.
- Jones, J. A. A. 1997. *Global hydrology*. Pearson, Prentice Hall.
- Kandler, O. y J. L. Innes. 1995. Air pollution and forest decline in Central Europe. *Environmental pollution* 90 (2), pp171 - 180.
- Keller, W., D. Yan, J. N. Gunn y J. Heneberry. 2007. Recovery of acidified lakes: Lessons from Sudbury, Ontario, Canada. *Water, Air and Soil Pollution* 7:317 - 322.
- Kricher, John. 1996. *Un Compañero Neotropical. Una introducción a los animales, plantas, y ecosistemas del trópico del nuevo mundo*. Segunda Edición, Modificada Expandida. Versión en Español Editada por Álvaro Jaramillo y Luis Segura. American Birding Association. 437 pp.
- Lacoste, Alain y Robert Salanon. 1983. *Biogeografía*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. pp 171, 271 pp.
- Lai, H., H. Kawashima, J. Shindo y K. Ohga. 2001. Stages in the history of China's acid rain control strategy in the light of China Japan relations. *Water Air and Soil Pollution*. 131:1843 - 1848.
- Lambin, E.F., X. Baulies, N. Bockstael, G. Fisher, T. Krug, R. Leemans, E.F. Moran, R. Rindfuss, Y. Sato, D. Skole, B.L. Turner, C. Vogel. 1999. *Land-use and land-cover change: Implementation strategy*, IGBP Secretariat, Stockholm, Sweden.
- Landman, G. 1991. French research into forest decline. DEFORPA Programme. École Nationale du Génie Rurel, des Eaux et des Forêts. Nancy.
- León A. R. y María E. Castellanos 2004. Pasos para la implementación del Manejo Integrado de Cuencas y Áreas Costeras en la Provincia de Cienfuegos y la necesidad de la participación pública en él.
- Lerch, Gerhard. 1977. *La Experimentación en las Ciencias Biológicas y Agrícolas*. Editorial Científico-Técnica. La Habana. 452 pp.
- Lewis W.M. y F. H. Weibezahn. 1981. Acid rain and major seasonal variation of hydrogen ion loading in a tropical watershed. *Acta Científica Venezolana* 32: 236 – 238.
- López Acea, L. Mercedes y Omar Molina Acosta. 1987. Influencia de la cobertura y la disponibilidad de alimentos naturales en la población de venados (*Odocoileus virginianus*) del valle de Yaguanabo. 55 h. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Forestal)-- Facultad Forestal. Centro Universitario de Pinar del Río.

- López, C. 2006. Introducción a la Gestión de la Calidad del Aire. Centro de Química y Contaminación Atmosférica, Instituto de Meteorología, La Habana, Cuba, 703 pp. RDA No. 583-2007.
- Lynch, J., V. C. Bowersox y J. W. Grimm. 2000. Acid rain reduced in eastern United States. *Environmental Science and Technology* 34:940 - 949.
- Makridakis, S. G., S. C. Wheelwright y R. J. Hyndman. 1997. *Forecasting: Methods and Applications*. John Wiley & Sons, New York.
- Mateo, J. 2000. Libro Geografía de los Paisajes, preparado para publicación. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía, La Habana, Cuba.
- Mellanby, K. 1988. *Air pollution, acid rain and the environment*. Elsevier Applied Science.
- Millán, M. M. y M. Sanz. 1993. La contaminación atmosférica en la Comunidad Valenciana: Estado de los conocimientos sobre los problemas en el Maestrazgo y Els Ports de Castellón. Informes CEAM 93-1, CEAM, Valencia.
- MINAG y CITMA. 2000. Programa nacional de mejoramiento y conservación de suelos, AGRIFOR. Ministerio de la Agricultura. La Habana p 16 – 36.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA). 2000. Programa nacional de lucha contra la desertificación y la sequía en Cuba. Ministerio, AMA, La Habana p 3 –10.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Cuba. 1997. *Estrategia Ambiental Nacional*. CITMA, La Habana, Cuba, 27 pp.
- Ministerio de Justicia, Cuba. 1994. Ley No. 76/94 Ley de Minas. Gaceta Oficial de la República de Cuba de 21 de Diciembre de 1994.
- Ministerio de Justicia, Cuba. 1993. Decreto-Ley No. 179. Protección Uso y Conservación de los Suelos y sus Contravenciones, de 2 de febrero de 1993. Gaceta Oficial de la República de Cuba, La Habana, 1993.
- Ministerio de Justicia, Cuba. 1996. Resolución No. 111/96 Regulaciones sobre la Diversidad Biológica, Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria, Año XCIV, Número 40, La Habana, 28 de noviembre de 1996, pp 631.
- Ministerio de Justicia, Cuba. 1997b. Decreto Ley No. 200: De las Contravenciones en materia de Medio Ambiente, Consejo de Estado, Gaceta Oficial de la República de Cuba, La Habana, 22 de diciembre de 1997.
- Ministerio de Justicia, Cuba. 1998. Ley N° 85, Ley Forestal. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Edición Ordinaria, Año XCVI, La Habana, pp 773-780.
- Ministerio de Justicia, Cuba. 1999a. Resolución 77/99. Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Gaceta Oficial de la República de Cuba, 6 de agosto de 1999.
- Ministerio de Justicia, Cuba. 1999b. Decreto Ley No. 201/99: Del Sistema Nacional de Áreas Protegidas, Consejo de Estado, Gaceta Oficial de la

- República de Cuba, La Habana, viernes 24 de diciembre de 1999b, pp 1355-1363.
- Ministerio de Justicia. 1992. Constitución de la República de Cuba, Aprobada por la Asamblea Nacional del Poder Popular. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Extraordinaria No. 7.
- Ministerio de Justicia. 1997a. Ley 81: De Medio Ambiente de 11 de julio. Gaceta Oficial de la República de Cuba, Extraordinaria No.7 de 11 de julio de 1997.
- Montoya, R. y M. López. 1997. La red europea de seguimiento de daños en los bosques (Nivel I). España, 1987-1986. Publicación del O.A. Parques Nacionales. MMA. Madrid.
- Morejón Miranda, Yilian M. 2009. Análisis del estado actual y tendencias previsibles, de los recursos edáficos e hídricos en cuencas del occidente de Cuba. Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias. Programa de Doctorado Académico Desarrollo Sostenible del Bosque Tropical: Manejos Forestal y Turístico. Universidad de Alicante. Universidad de Pinar del Río. PDF. 355 pp.
- Moreno, C. E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza, 84 pp. ISBN: 84-922495-2-8
- Morgan, H. y J. Cogger. 1993. El Manual del Entrevistador. Reimpresión. Editorial El Manual Moderno. México. 49 pp.
- NC 36. 1999. Calidad del suelo. Método para la determinación de la erosión potencial de los suelos, 9 pp.
- NC 93-02. 1985. Agua Potable. Requisitos Sanitarios y Muestreo.
- NC 93-11.1986. Fuentes de Abastecimiento de Agua. Calidad y Protección Sanitaria.
- Nilsson, S. I. 2003. Soil acidification en Benbi DK, Nieder R, (eds.) Handbook off processes and modeling in the soil - plant system pp 177 -198. Food Products Press.
- Orbe, W. 2003. Las lluvias en la provincia de Cienfuegos y los procesos sinópticos. Tesis de Maestría en Meteorología. La Habana: Instituto Nacional de Meteorología.
- Paneque Torres, Iván. 2009. Influencia de la especie *Syzygium jambos* D.C, *pomarrosa*, en la composición florística y en la calidad de las aguas, de la parte superior de la cuenca del río "San Diego". Pinar del Río, Cuba. Tesis Doctoral. Programa de Doctorado Académico Desarrollo Sostenible de Bosques Tropicales. Manejos Forestal y Turístico. Universidad de Alicante. Universidad de Pinar del Río. 85 pp.
- Park, C. 1997. The environment. Principles and applications. Routledge.
- Parnell, R. A. 1986. Processes of soil acidification in tropical durandeps Nicaragua. Soil Science 142:43-55.
- Parungo, F., C. Nagamoto, S. Hoyt y A. H. Bravo. 1990. The investigation of air quality and acid rain over the gulf of Mexico. Atmospheric Environment Part A General Topics 24:109-124.

- Pelicho, A. F., L. D. Martins, S. N. Nomi y M. C. Solci. 2006. Integrated and sequential bulk and wet-only sampling of atmospheric precipitation in Londrina, South Brazil (1998-2002). *Atmospheric Environment* 40:6827-6835.
- Peña, Juan, Andreu Bonet, Juan Bellot y Juan Rafael Sánchez. 2005. Trends and driving factors in land use changes (1956-2000) in Marina Baixa, SE Spain. 45th Congress of the European Regional Science Association (ERSA), Amsterdam. PDF. 17 pp.
- Pérez, C. 1989. La erosión del suelo: Causas, efectos y control. (CIDA) LA Habana, Cuba. P 75.
- Pino Estupiñales, Iván e Ignacio Enrique Corona. 1988. Propuesta de clasificación de sitios para el manejo del Venado (*Odocoileus virginianus*) en el Valle de Yaguanabo, Cienfuegos. 50 h. Trabajo de Diploma (en opción al título de Ingeniero Forestal)-- Facultad Forestal. Centro Universitario de Pinar del Río.
- Plasencia Puente, Ariel Tomás. 2010. Caracterización hidrológica en los ecosistemas de pinares naturales con y sin manejo en la Estación Hidrológica Forestal "Amistad", Alturas de Pizarra, Cuba. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias. Doctorado Cooperado: Desarrollo Sostenible de Bosques Tropicales: Manejos Forestal y Turístico". Universidad de Alicante España. Universidad de Pinar del Río. Cuba. 252 pp.
- PNUD. 1995. Guía Protección Ambiental [en líneas] Nov 1995. Disponible en: [http:// Pasion.tulane.edu:8086/spanish/envsp/bejín.htm](http://Pasion.tulane.edu:8086/spanish/envsp/bejín.htm). (Consulta abril / 2004)
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible). San José, Costa Rica.
- Rivera, N. 2003. Introducción al Manejo de Cuencas Hidrográficas y su Importancia. Consultado noviembre 2005. Disponible en: <http://www.sinac.go.cr/otros/humedalescostarica/topmanejocuencas.html>
- Rodríguez, Gregorio, Javier Gil y Eduardo García J. 1996. Metodología de la investigación cualitativa. La Red (ed.), PDF. 378 pp.
- Roig, J. T. 1965. Diccionario Botánico de Nombres Vulgares Cubanos. Tomos I y II. Editora del Consejo Nacional de Universidades. La Habana. Cuba. 1142 p.
- Seager J., C. Reed y P. Stott. 1995. The state of the environment atlas. Penguin Books.
- Serranos, A. 1991. La variable ambiental en los planes de ordenación del territorio. Revista Situación, Bilbao, España, No. 2, pp. 123 - 126. En Mateo, J. 2000. Libro Geografía de los Paisajes, preparado para publicación. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía, La Habana, Cuba.

- Sheng, T.C. 1992. Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. Guía FAO Conservación 13/6. Roma, Italia.
- Shumway, R. H. y D. S. Stoffer. 2000. Time Series Analysis and Its Applications. Springer Verlag, New York.
- Shaves, G.I., P.G. Shishenko y M.D. Gradzinskii. 1986. Tipos de estructuras territoriales paisajísticas (en ruso)., En : "Geografía Física y Geomorfología"., Editorial de la Escuela Superior, Kiev, Ucrania, pp. 110 - 114. En Mateo, J. 2000. Libro Geografía de los Paisajes, preparado para publicación. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía, La Habana, Cuba.
- Sibelló, R. 2004. Informe Técnico. Estudio de la erosión de los suelos de la Cuenca Yaguanabo. Centro de Estudios Ambientales de Cienfuegos. CITMA. p8.
- Sicard P, Coddeville P, Sauvage S, Galloo JC. (2007). Trends in chemical composition of wet – only precipitation at rural French monitoring station over the 1990 – 2003 period. Water, Air and Soil Pollution 7: 49 - 58.
- Spiegel, M. R. 1999. Estadística. 2da. Edición. McGraw–Hill/Interamericana de España S. A. pp 413. (556 pp).
- Spiegel, Murray R. 1971. Teoría y problemas de Estadística. Ediciones de Ciencia y Técnica. Instituto Cubano del Libro. La Habana. pp 289 (358 pp).
- Tazaki, K., R. Wakimoto, Y. Minami, M. Yamamoto, K. Miyata, K. Sato, I. Saji, S. K. Chaerun, G. Zhou, T. Morishita, R. Asada, H. Segawa, H. Imanishi, R. Kato, Y. Otani y T. Watanabe. 2004. Transport of carbon-bearing dusts from Iraq to Japan during Iraq's war. Atmospheric Environment. 38:2091 – 2109.
- Tilman, D., C.L. Lehman y C.E. Bristow. 1998. Diversity-stability relationships: Statistical inevitability or ecological consequence? *American Naturalist* 151: 277-282. En Díaz, M., Pulido, F.J. y Marañón, T. 2003. Diversidad biológica y sostenibilidad ecológica y económica de los sistemas adhesados. *Ecosistemas* 2003.
- Tropmair, R.H. 1995. Biogeografía e meio ambiente. Graf - Set, Rio Claro, Brasil, 259 pp. En Mateo, J. 2000. Libro Geografía de los Paisajes, preparado para publicación. Universidad de la Habana, Facultad de Geografía, La Habana, Cuba.
- Trusov, I., A. Izquierdo y L. R. Díaz. 1983. "Características espaciales y temporales de las precipitaciones atmosféricas en Cuba". Edit. A.C.C., La Habana. 150 pp, 10 mapas.
- Turner II, B. L., W.C. Clark, R.W. Kates, J.F. Richards, J.T. Mathews y W.B. Meyer (eds). 1990. *The Earth as Transformed by Human Action*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Turner, M.G. 1990. Spatial and temporal analysis of landscape patterns, *Landscape Ecology*, 4: 21-30.
- Turner, M.G.; Gardner, R.H. and O'Neill, R. V. 2001. *Landscape Ecology in theory and practice. Pattern and process*. Springer Verlag, New York. 401.

- Ulrich, B. y J. Pankrath. 1983. Effects of accumulation of air pollutants in forest ecosystem. Reidel Publishing Company.
- Vargas, C. 1993. Manejo de cuencas hidrográficas para abastecimiento de agua a poblaciones. Experiencias en Costa Rica. Seminario Taller Interamericano sobre Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. CIDIAT-OEA. Valparaíso, Chile.
- Villarroel Coca, Tito. 2009. Producción Sostenible y Conservación de la Biodiversidad Agrícola en Sistemas Tradicionales: Análisis de la Racionalidad Productiva Ecológica de Alta Montaña. Bolivia. PROMETAS – PBRTA. 21 pp.
- Vitousek, P.M. 1992. Global environmental change: an introduction, in Fautin, D.G., Futuyma, D.J. and James, F.C. (eds) *Annual Review of Ecology and Systematics*, 23.
- Winters, P. R. 1960. Forecasting sales by exponentially weighted moving averages. *Management Science*, No. 6, pp 324-342.
- Yachi S. y Loreau, M. 1999. Biodiversity and ecosystem productivity in a fluctuating environment: The insurance hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96: 1463-1468. En Díaz, M., Pulido, F.J. y Marañón, T. 2003. Diversidad biológica y sostenibilidad ecológica y económica de los sistemas adherados. *Ecosistemas*.

ANEXOS

Anexo 1 2

Anexo 2 3

Anexo 3 4

Anexo 5 7

Anexo 6 8

Anexo 7 9

Anexo 8. 10

Anexo 10 12

Anexo 11 13

Anexo 12 14

Anexo 13 16

Anexo 14 17

Anexo 15 18

Anexo 16 26

Anexo 17 27

Anexo 18 30

Anexo 19 31

Anexo 20 33

Anexo 21 35

Anexo 22 37

Anexo 1. Localización y Ubicación Cuenca Yaguanabo.



Anexo 2. Disección horizontal, características más significativas.

Código	Rango km/km²	Nomenclatura	Proceso geológico característico	Uso del suelo	Drenaje	Accesibilidad	Factibilidad constructiva
1	0 – 0.3	Muy débilmente diseccionada	Pantanos, marismas e inundaciones	Agrícola limitado	Deficiente	Limitada	Desfavorable
2	0.3 – 1	Débilmente diseccionada	Inundaciones temporales	Cualquiera	Eficiente	Accesible	Favorable
3	1 - 2	Diseccionadas	Erosión poco intensa	Cualquiera con limitaciones	Eficiente	Accesible	Poco favorable
4	2 – 3	Altamente diseccionada	Erosión	Agrícola limitado	Eficiente	Accesible	Poco favorable
5	> de 3	Intensamente diseccionada	Erosión fluvial intensa	Pastos y forestal	Eficiente	Limitada	Desfavorable

Anexo 3. Pendientes, características más significativas.

Código	Rango en grados	Nomenclatura	Procesos característicos	Usos del suelo	Drenaje	Accesibilidad	Factibilidad constructiva
1	0 – 2	Pendiente plana	Empantanamientos Encharcamientos Inundaciones	Agrícola	Deficiente	Accesible	Favorable
2	2 – 4	Pendiente poco inclinada	Erosión. Movimientos en masas poco intensos	Cualquiera	Poco eficiente	Accesible	Favorable
3	4 – 8	Pendiente inclinada	Erosión severa Movimientos en masas poco intensos	Cualquiera	Eficiente	Accesible	Favorable
4	8 – 16	Pendiente moderadamente abrupta	Erosión severa Movimientos en masa severos	Agrícola limitado Construcción Forestal	Eficiente	Accesible	Poco favorable
5	16 – 35	Pendiente abrupta	Erosión intensa Movimientos en masa intensos	Forestal	Eficiente	Poco accesible	Poco favorable
6	35 – 55	Pendiente muy abrupta	Erosión intensa Movimientos en masa muy intensos	Forestal	Eficiente	Inaccesible	Desfavorable
7	> de 55	Pendiente extremadamente abrupta	Erosión intensa Movimientos en masa muy intensos	Forestal limitada	Eficiente	Inaccesible	Desfavorable

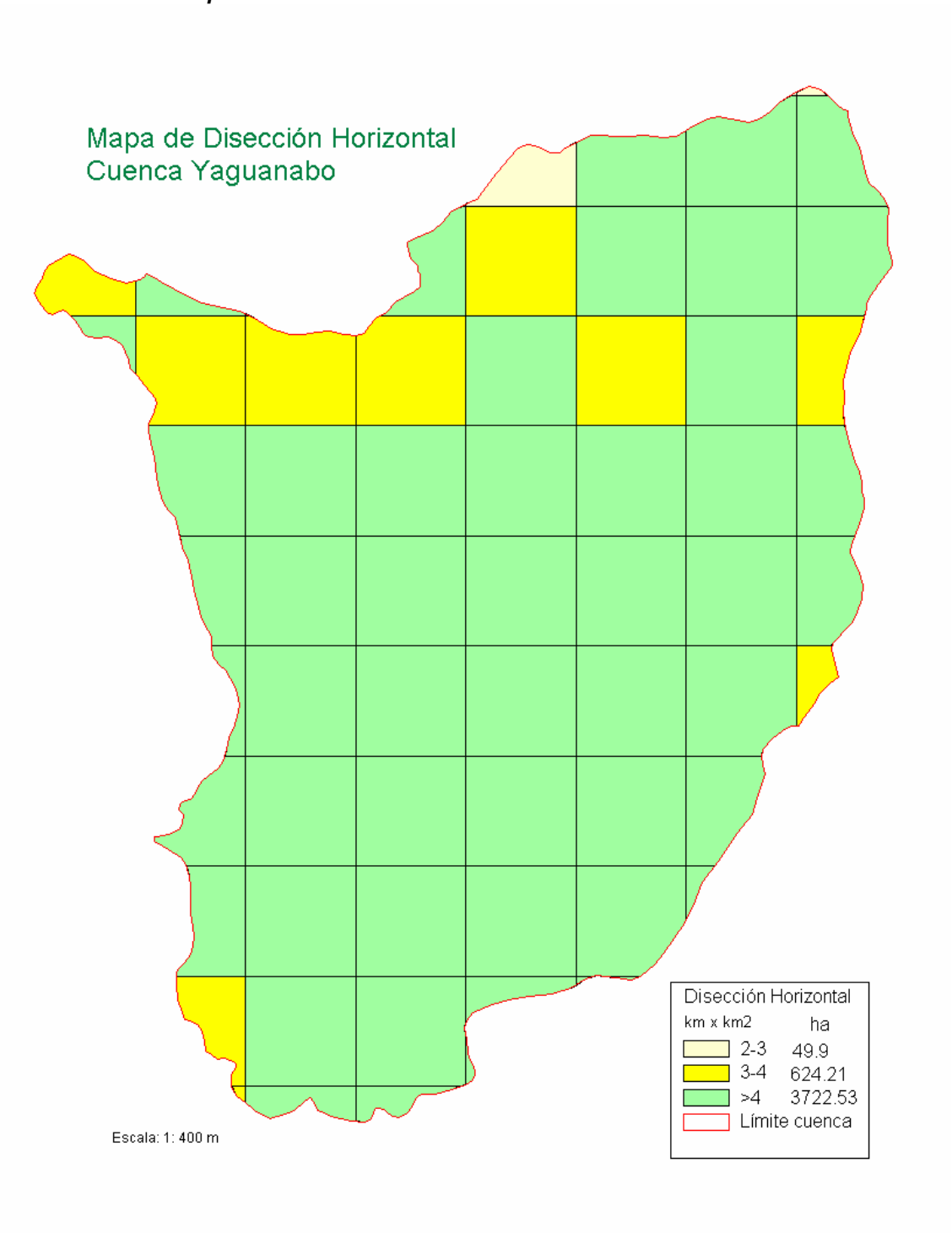
Anexo 4. Caracterización y evaluación morfométrica del relieve para el uso del suelo.

Pendiente		Disección vertical (DV) m/Km ²	Disección Horizontal (DH) Km/K Dh	Potencial	Nomenclatura Proceso	Drenaje	Accesibilidad	Usos del suelo
Grado	%							
5-10	8.7 – 17.6	20 –60 Colinas (Llanuras colinosas) fuertemente diseccionadas	2 –3 superficie ligeramente diseccionada	Bajo	DV colinas altamente diseccionada. Proceso erosivo intenso y procesos gravitacionales clasificación de colinas a premontaña. Pendientes medianamente abruptas	Eficiente	De accesible a poco accesible	Constructivo: Poco favorable a desfavorable, grandes técnicas para construir. Agrícola: Limitado se dificulta la tipificación de cultivo, se elevan los costos de mecanización (limite) control de cañadas y ríos para aminorar la erosión y otras técnicas antierosivas. Uso: Silvopastoreo controlado de baja intensidad.
Pendiente ligeramente inclinada								

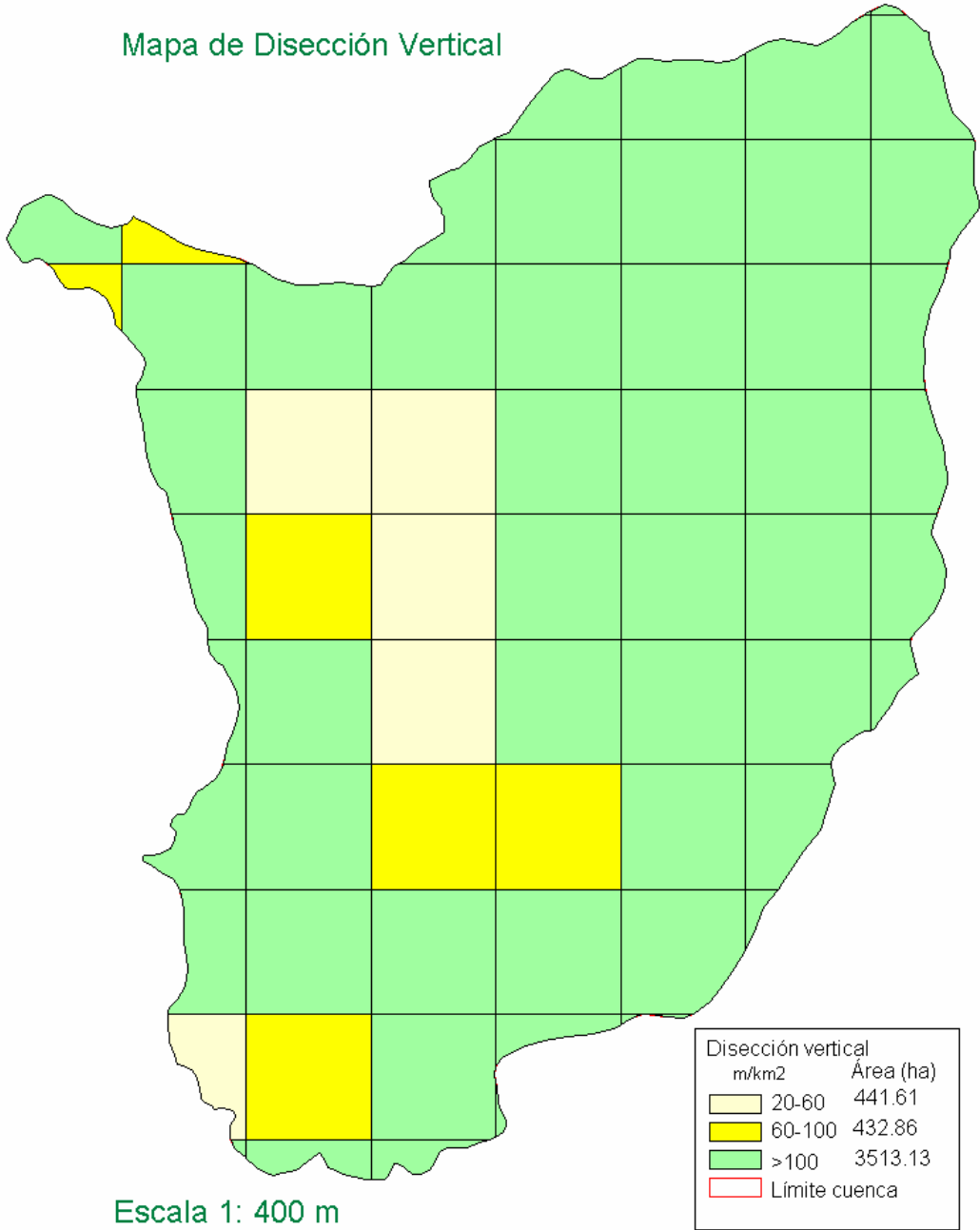
Anexo 4. Continuación...

Pendiente		Disección vertical (DV) m/Km ²	Disección Horizontal (DH) Km/K Dh	Potencial	Nomenclatura Proceso	Drenaje	Accesibilidad	Usos del suelo
Grado	%							
10 - 15	17.6 – 26.8	20 –60 Lomerío fuertemente diseccionado	3 –4 Superficie medianamente diseccionado	Muy bajo	Intensamente diseccionado. Proceso: erosión fluvial intensa y fenómenos gravitacionales. Pendientes abruptas. Movimiento en masa e intenso	Eficiente	Limitada a inaccesible	Constructivo: No se recomienda, desfavorable. Agrícola: pasto y forestal Agricultura en áreas muy erosionadas, limitada hasta 200 m/Km ² , ganadería controlada de no existir otra opción, cultivos perennes
Pendiente ligera a medianamente inclinada								
15 –25	26.8 – 46.6	> 100 lomerío fuertemente diseccionado	> 4 superficie fuertemente diseccionada	Sin potencial agropecuario	Intensamente diseccionada Erosión pluvial intensa, fenómenos gravitacionales intensos, movimientos en masas clasificación montañosa	Eficiente	Limitada a inaccesible	Forestal
Pendiente fuertemente inclinada								

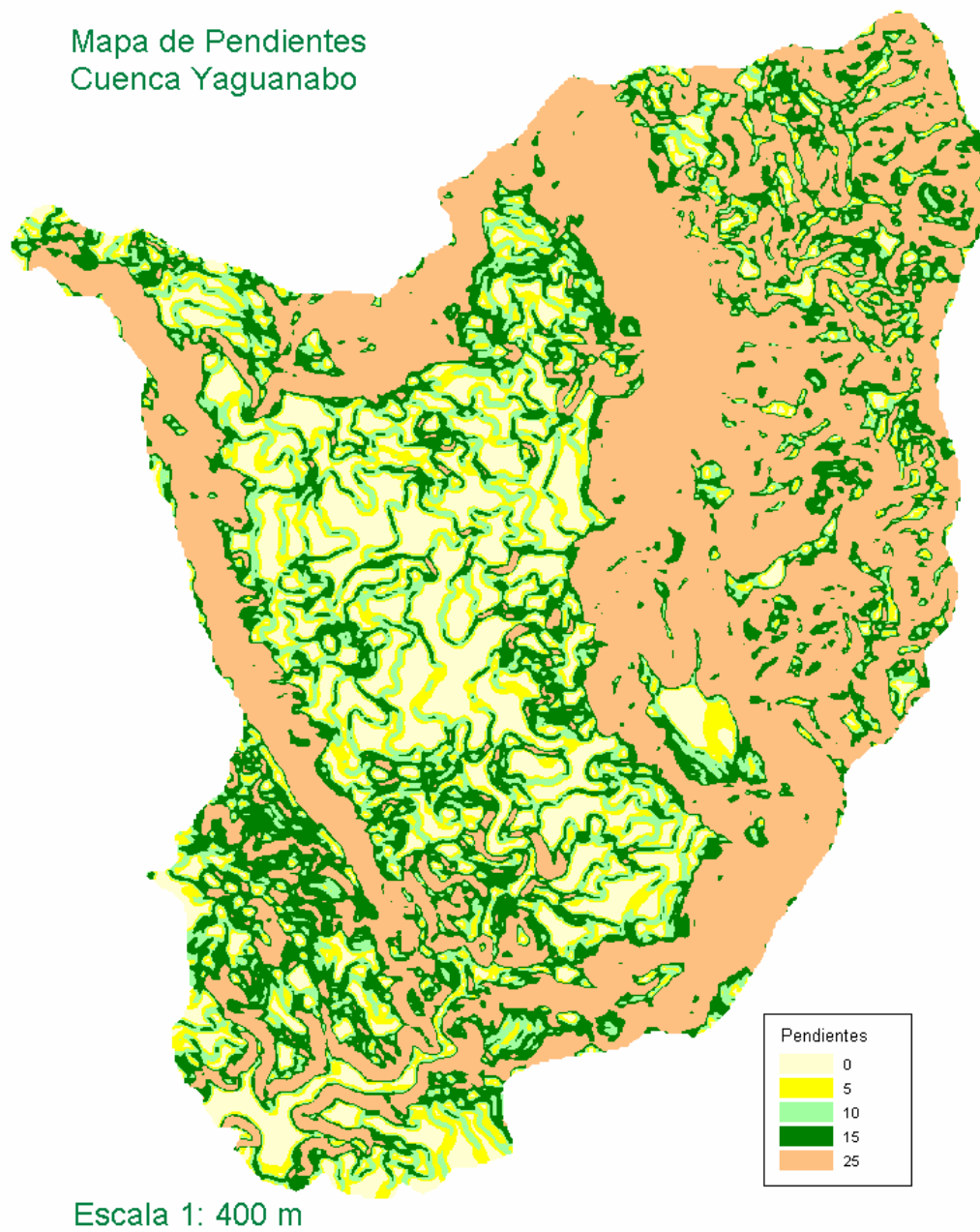
Anexo 5. Mapa de disección Horizontal



Anexo 6. Mapa de disección Vertical.

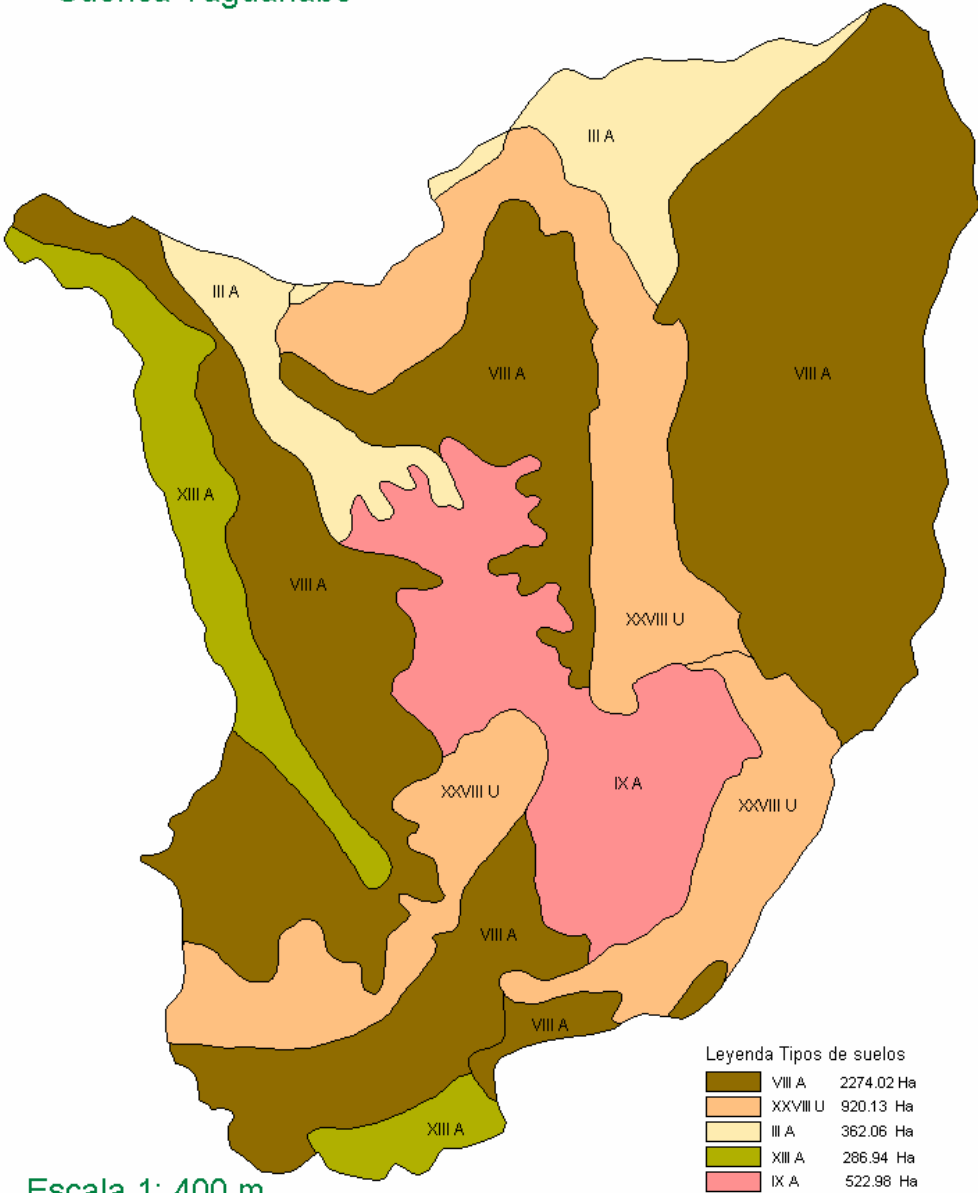


Anexo 7. Mapa de Pendientes.

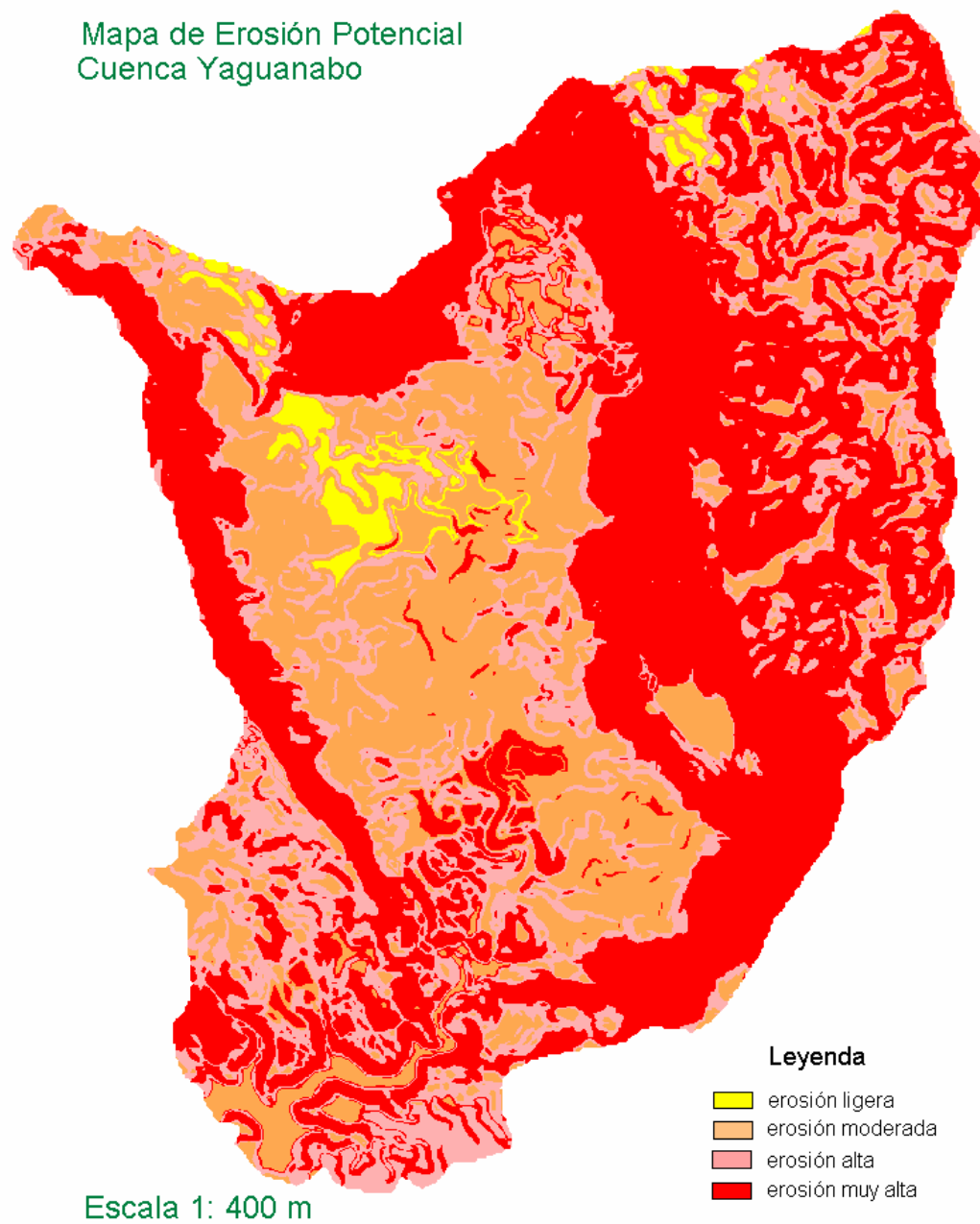


Anexo 8. Mapa de Suelos.

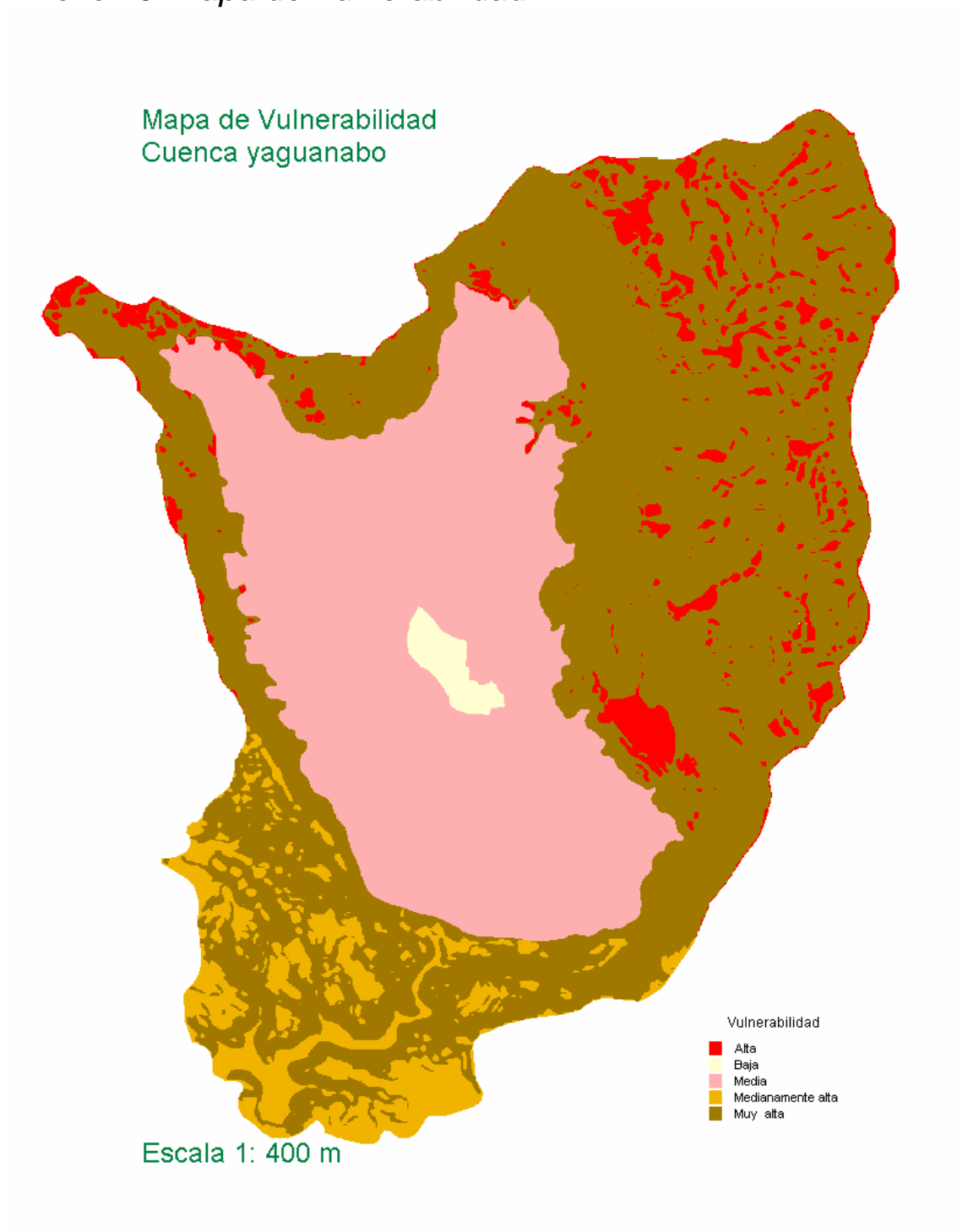
Mapa de Suelos
Cuenca Yaguanabo



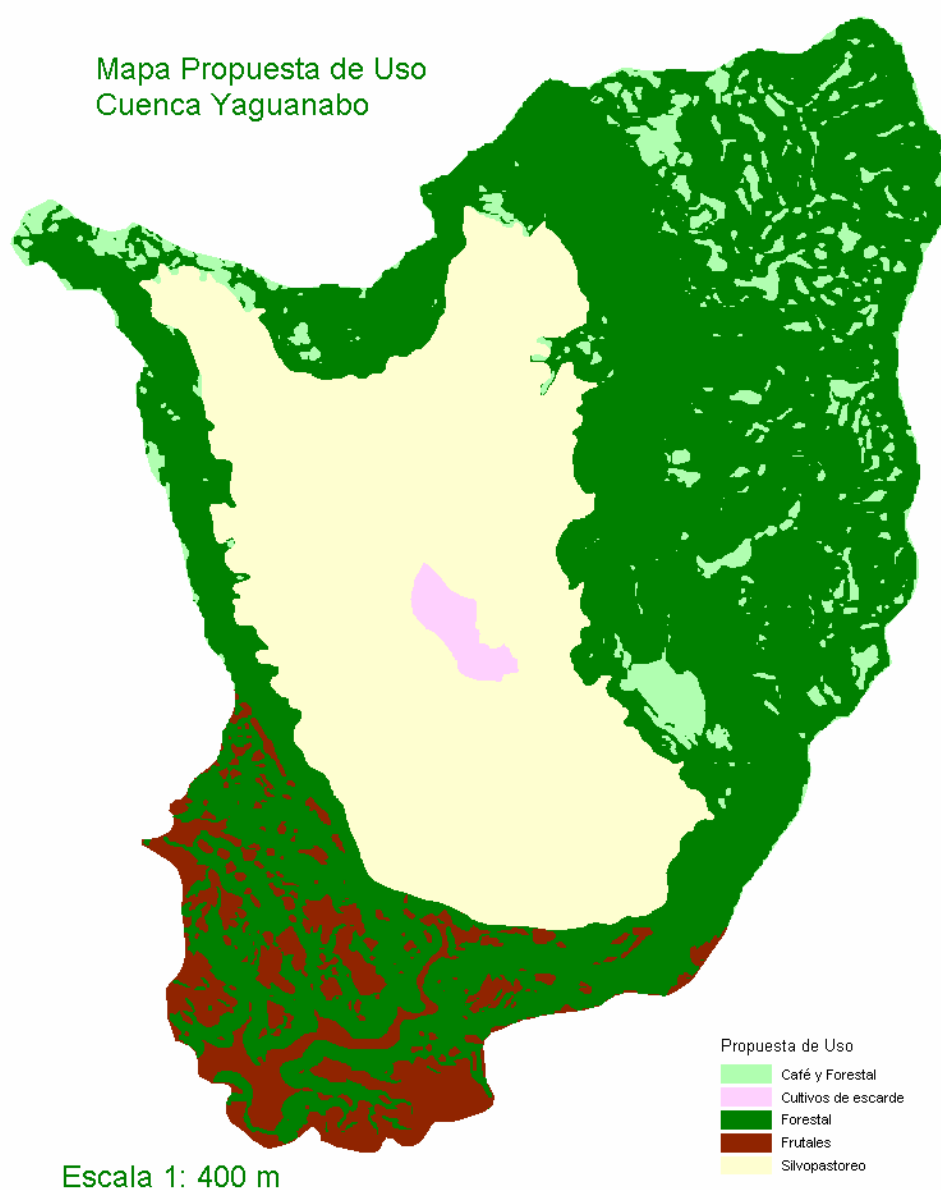
Anexo 9. Mapa de Erosión Potencial.



Anexo 10. Mapa de Vulnerabilidad.



Anexo 11. Mapa de Propuesta de Uso del Suelo.



Anexo 12. Tarea Técnica para el muestreo del río Yaguanabo y de las lluvias.

MINISTERIO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA Y MEDIO AMBIENTE. DELEGACIÓN PROVINCIAL. CIENFUEGOS.

Cienfuegos, 15 de abril de 2003.

“Año de Gloriosos Aniversarios de Martí y del Moncada”

Asunto: Tarea Técnica para el muestreo del río Yaguanabo y de las lluvias.

I. Desarrollo.

Puntos a muestrear 4. (Aguas arriba del asentamiento, fuentes de abasto, aguas debajo de la vaquería y aguas abajo del asentamiento)

II. Tipo de muestra.

Se utilizarán las muestras de tipo **integrada** o sea obtenida por mezclas y homogenización de muestras simples o individuales recogidas en puntos diferentes y simultáneamente o con la menor separación temporal posible. Pues son las más efectivas y necesarias en el caso de los ríos, corrientes o cuerpos de agua cuya composición varía según el ancho, la profundidad y otros factores, a fin de determinar la composición media a partir de mezclas de muestras que representa en distintos puntos de la sección transversal del río y profundidad.

III. Materiales y equipos.

Exceptuando el material específico que pueda utilizarse para determinaciones especiales, los recipientes en que se recojan las muestras deberán ser de vidrio neutro o material plástico según lo establecido por el laboratorio, tendrán que cumplir los siguientes requisitos:

- a) No desprender materia orgánica, elementos alcalinos, boro, sílice u otros que puedan contaminar la muestra recogida.
- b) Que la absorción ejercida por sus paredes sea mínima sobre cualquiera de los componentes presentes en la muestra de agua.
- c) Que el material constituyente del recipiente no reaccione con el componente de la muestra.
- d) Se deberá poder cerrar y sellar herméticamente.
- e) Se deberá tratar los frascos con la estufa antes del muestreo.
- f) En la ficha o etiqueta deberán consignarse los datos del solicitante del análisis, del agua (origen de la muestra, punto de muestreo, fecha y hora de muestreo, temperatura del agua y cualquier otro dato necesario para establecer una correlación: por ejemplo con las condiciones meteorológicas, nivel agua, velocidad de la corriente, etc.)

Anexo 12. Continuación...

Aspectos a determinar en las muestras.

1. Conductividad eléctrica.
2. Potencial de hidrógeno.
3. Carbonato.
4. Cloruro.
5. Sulfato.
6. Calcio.
7. Magnesio.
8. Potasio.
9. Sodio.
10. Nitrito.
11. Amonio.
12. Sólidos totales.
13. Oxígeno disuelto.
14. Hierro.
15. Demanda Biológica de Oxígeno.
16. Demanda Química de Oxígeno.
17. Color.
18. Turbiedad.
19. Coliformes totales.
20. Coliformes fecales.
21. Temperatura.

IV. Forma de tomar la muestra.

Sujetar el frasco por el fondo en posición invertida sumergiéndolo completamente y dándole vuelta en sentido contrario de la corriente del río.

V. Para la toma de muestra de las aguas lluvias se tendrán en cuenta además los siguientes aspectos.

1. La muestra se recogerá en el punto donde estaba el pluviómetro.
2. La cubeta de recolección se enjuagará con agua destilada antes del muestreo.
3. La cubeta de recolección se ubicará a 1m del suelo.
4. La cubeta tiene dimensiones de 40cm de largo, 20cm de ancho y 10cm de altura.
5. La cubeta se colocará con el primer muestreo.
6. La muestra se recogerá al concluir la lluvia, con todas las vasijas e instrumentos previamente enjuagados con agua destilada.

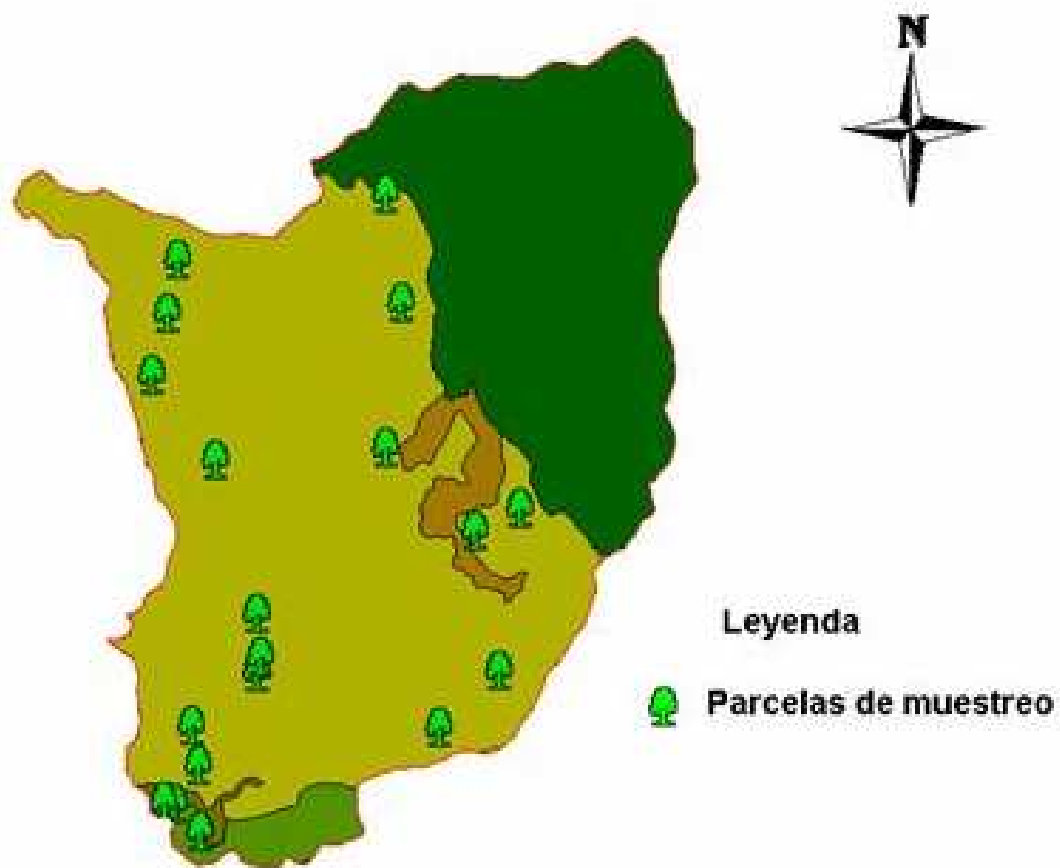
VI. Comparar los resultados obtenidos con lo permitido según lo regulado para las normas de calidad de agua, así como otros datos de interés.

7. La muestra se enviará al laboratorio en las primeras 5 horas luego de colectadas.

Anexo 13. Datos generales de los integrantes

William Lamela	Técnico en Flora y Fauna
Rita Sibelló	Ingeniera Nuclear, MSc.
Severo Villa	Guardabosques
Yenisbel Cárdenas	Ingeniero Químico, MSc.
Maydelín Becerra	Técnico de laboratorio
Rubén Darío Chamizo Sandar	Estudiante de Ingeniería Informática
William Angulo	Ingeniero Agrónomo
Raúl Villa	Obrero agrícola
Benito Guerrero	Obrero agrícola
Bárbara Cruz Fraga	Ingeniero Forestal

Anexo 14. Mapa de parcelas de muestras



Anexo 15. Listado de las plantas superiores inventariadas en la cuenca Yaguanabo.

Incluye: el hábito (R: rastrera; T: trepadora; H: herbácea, Ab: arbustiva; A: arbórea; E: epífita) y la abundancia relativa de las especies (E: escasa; PA: poco abundante; A: abundante; MA: muy abundante).

FAMILIA BOTÁNICA	No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	HÁBITO	ABUND. RELATIVA
<i>Acantaceae</i>	1	<i>Thumbergia alata</i>	Ojo de poeta	T	A
<i>Aizoaceae</i>	2	<i>Sesuvium maritimum</i>	Yerba de vidrio	H	A
<i>Amaranthaceae</i>	3	<i>Achyranthes aspera</i>	Rabo de gato	H	A
	4	<i>Amaranthus dubius</i>	Bledo blanco	H	PA
	5	<i>Amaranthus spinosus</i>	Bledo espinoso	H	A
	6	<i>Amaranthus viridis</i>	Bledo, Bledo blanco	H	A
<i>Amarilidaceae</i>	7	<i>Agave sobolifera</i>	Agave, Maguey	Ab	A
	8	<i>Fourcraea hexapetala</i>	Maguey	Ab	A
<i>Anacardiaceae</i>	9	<i>Anacardium excelsum</i>	Nariz	A	E
	10	<i>Anacardium occidentale</i>	Marañón	A	PA
	11	<i>Comocladia dentata</i>	Guao prieto	Ab	A
	12	<i>Manguifera indica</i>	Mango	A	PA
	13	<i>Metopium toxiferum</i>	Guao de costa	A	A
	14	<i>Spondias monbin</i>	Jobo	A	A
	15	<i>Spondias purpurea</i>	Ciruela	A	PA
<i>Annonaceae</i>	16	<i>Annona glabra</i>	Bagá	A	PA
	17	<i>Annona muricata</i>	Guanábana	A	PA
	18	<i>Annona reticulata</i>	Chirimoya	A	PA
	19	<i>Annona squamosa</i>	Anón	A	A
	20	<i>Guatteria blainii</i>	Purio prieto	A	PA
	22	<i>Oxandra lanceolata</i>	Yaya	A	A
<i>Apocynaceae</i>	22	<i>Cameraria retusa</i>	Maboa de sabana	A	PA
	23	<i>Forsteronia floribunda</i>	Bejuco lechoso	T	A
	24	<i>Plumieria obtusa</i>	Lirio de costa	Ab	A
	25	<i>Thevetia peruviana</i>	Cabalonga	A	PA
	26	<i>Cameraria latifolia</i>	Maboa	A	E
	27	<i>Plumeria sp.</i>	Lirio de costa	A	PA
	28	<i>Rauwolfia nitida</i>	Huevo de gallo	A	A
<i>Araliaceae</i>	29	<i>Didymopanax morototoni</i>	Yagruma macho	A	PA
<i>Arecaceae</i>	30	<i>Calyptronoma sp.</i>	Palma manaca	A	A
	33	<i>Coccothrinax crinita</i>	Guano barbudo	Ab	E
	32	<i>Coccothrinax acuminata</i>	Palma miraguano	A	PA
	33	<i>Cocos nucifera</i>	Cocotero	A	PA
	34	<i>Roystonea regia</i>	Palma real	A	A
	35	<i>Sabal palmetto</i>	Palma cana	A	A
<i>Aristolochiaceae</i>	36	<i>Aristolochia trilobata</i>	Bejuco apestoso	T	A
<i>Asclepiadaceae</i>	37	<i>Metastelma filiforme</i>	Alambrillo	R	A
<i>Asteraceae</i>	38	<i>Xanthium strumarium</i>	Guizazo de caballo	H	A

Anexo 15. Continuación....

FAMILIA BOTÁNICA	No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	HÁBITO	ABUND. RELATIVA
<i>Bignonaceae</i>	39	<i>Crescentia cujete</i>	Güira	A	PA
	40	<i>Enallagma cucurbitina</i>	Magüira	A	E
	41	<i>Spathodea campanulata</i>	Tulipán rojo	A	MA
<i>Bignonaceae</i>	42	<i>Stenolobium stans</i>	Sauce amarillo	Ab	PA
	43	<i>Stenostomun lucidum</i>	Llorón	A	E
	44	<i>Tabebuia angustata</i>	Roble yugo	A	PA
	45	<i>Tabebuia hypoleuca</i>	Roble macho	A	PA
<i>Bombacaceae</i>	46	<i>Ceiba pentandra</i>	Ceiba	A	A
<i>Borraginaceae</i>	47	<i>Bourreria divaricata</i>	Raspalengua	Ab	A
	48	<i>Bourreria virgata</i>	Cafecillo	Ab	A
	49	<i>Cordia collococca</i>	Ateje	A	A
	50	<i>Cordia gerascanthus</i>	Baría	A	A
	55	<i>Cordia nitida</i>	Ateje de costa	A	PA
	52	<i>Cordia sebestena</i>	Vomitel colorado	A	PA
	53	<i>Ehretia tinifolia</i>	Chicharrón	A	A
<i>Brassicaceae</i>	54	<i>Lepidium virginicum</i>	Mastuerzo	H	A
<i>Bromeliaceae</i>	55	<i>Bromelia pinguin</i>	Piña ratón	Ab	A
	56	<i>Dendropogon usneoides</i>	Guajaca	E	A
	57	<i>Guzmania lingulata</i>	Lengua de vaca	E	A
	58	<i>Tilandsia sp.</i>	Curujey	E	A
<i>Burseraceae</i>	59	<i>Bursera simaruba</i>	Almácigo	A	A
	60	<i>Bursera sp.</i>	Almácigo de costa	Ab	PA
	66	<i>Bursera graveolens</i>	Sasafrás	A	PA
<i>Cactaceae</i>	62	<i>Consolea sp.</i>	Tuna	Ab	A
	63	<i>Harrisia sp.</i>	Pitahaya	Ab	A
	64	<i>Hylocereus triangularis</i>	Pitahaya	T	A
	65	<i>Opuntia dillenii</i>	Tuna brava	Ab	A
	66	<i>Pilocereus sp.</i>	Cacto	A	PA
	67	<i>Rhipsalis cassutha</i>	Disciplinilla	E	A
	68	<i>Ritherocereus sp.</i>	Cacto	A	E
<i>Caesalpinaceae</i>	69	<i>Caesalpinia bahamensis</i>	Brasilete	Ab	PA
	70	<i>Caesalpinia violacea</i>	Yarúa	A	PA
	77	<i>Peltophorum adnatum</i>	Moruro abey	A	PA
	72	<i>Poeppigia procera</i>	Tengue	A	PA
<i>Canellaceae</i>	73	<i>Canella winterana</i>	Cúrbana	A	PA
<i>Capparidaceae</i>	74	<i>Capparis sp.</i>	Aceitunilla	Ab	PA
<i>Celastraceae</i>	75	<i>Torralbasia cuneifolia</i>	Guairaje	Ab	A
<i>Chenopodiaceae</i>	76	<i>Telonix ambrosioides</i>	Apasote	H	A
<i>Clusiaceae</i>	77	<i>Calophyllum antillanum</i>	Ocuje	A	A
	78	<i>Clusia rosea</i>	Copey	A	A
	79	<i>Rheedia aristata</i>	Manajú	A	E

Anexo 15. Continuación...

FAMILIA BOTÁNICA	No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	HÁBITO	ABUND. RELATIVA
Combretaceae	80	<i>Buchenavia capitata</i>	Júcaro mastelero	A	PA
	88	<i>Bucida buceras</i>	Júcaro negro	A	PA
	82	<i>Bucida spinosa</i>	Júcaro espinoso	A	A
	83	<i>Conocarpus erecta</i>	Yana	A	A
Combretaceae	84	<i>Laguncularia racemosa</i>	Patabán	A	A
	85	<i>Terminalia catappa</i>	Almendro	A	PA
	86	<i>Terminalia intermedia</i>	Chicharrón	A	E
	87	<i>Terminalia eryostachya</i>	Chicharrón prieto	A	E
Compositae	88	<i>Eupatorium odoratum</i>	Rompezaragüey	H	MA
	89	<i>Eupatorium villosum</i>	Travesero	H	MA
	90	<i>Bidens pilosa</i>	Romerillo	H	MA
	99	<i>Parthenium hysterophorus</i>	Escoba amarga	H	A
	92	<i>Tithonia diversiflora</i>	Margaritona	Ab	PA
	93	<i>Vernonia menthifolia</i>	Rompezaragüey	Ab	A
Commelinaceae	94	<i>Callicia repens</i>	Canutillo rastrero	R	A
Convolvulaceae	95	<i>Ipomoea corimbosa</i>	Campanilla blanca	T	A
	96	<i>Ipomoea crassicaulis</i>	Campanilla morada	T	A
	97	<i>Ipomoea ramoni</i>	Bejuco marrullero	T	A
	98	<i>Ipomoea tiliacea</i>	Marrullero	T	A
	99	<i>Turbina corymbosa</i>	Aguinaldo de pascua	T	A
Cucurbitaceae	100	<i>Luffa cylindrica</i>	Estropajo	T	PA
	1010	<i>Momordica charantia</i>	Cundiamor	T	A
Cyatheaceae	102	<i>Cyathea sp.</i>	Helecho arborescente	A	PA
	103	<i>Hemitelia sp.</i>	Helecho arborescente	A	PA
Cyperaceae	104	<i>Cyperus rotundus</i>	Cebolleta	H	A
Cyrillaceae	105	<i>Picrodendrum macrocarpum</i>	Yanilla	A	PA
Dileniaceae	106	<i>Tetracera volubilis</i>	Bejuco guara	T Ab	A
Dioscoraceae	107	<i>Dioscorea pilosiuscula</i>	Ñame volador	T	PA
Erythroxylaceae	108	<i>Erythroxylon confusum</i>	Arabo	A	A
	109	<i>Erythroxylon havanensis</i>	Jibá	Ab	A
	110	<i>Erythroxylon rotundifolium</i>	Arabillo	A	PA
Euphorbiaceae	111	<i>Adelia risinella</i>	Resinillo	Ab	A
	112	<i>Alchornea latifolia</i>	Aguacatillo	A	A
	113	<i>Drypetes alba</i>	Hueso blanco	A	PA
	114	<i>Drypetes lateriflora</i>	Hueso	A	PA
	115	<i>Drypetes mucronata</i>	Hueso	A	PA
	116	<i>Euphorbia heterophylla</i>	Lechosa	H	A
	117	<i>Gymnanthes lucida</i>	Yaití	A	PA
	118	<i>Pera bumelifolia</i>	Jiquí	A	E
	119	<i>Ricinus communis</i>	Higuereta	Ab	A
	120	<i>Sapium jamaicensis</i>	Piniche	A	A
	121	<i>Hippomane mancinella</i>	Manzanillo	A	A

Anexo 15. Continuación...

FAMILIA BOTÁNICA	No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	HÁBITO	ABUND. RELATIVA
Fabaceae	122	<i>Albizzia cubana</i>	Bacona	A	E
	123	<i>Andira jamaicensis</i>	Yaba	A	A
	124	<i>Belairia spinosa</i>	Yamaquey	Ab	A
Fabaceae	125	<i>Brya ebenus</i>	Granadillo	A	PA
	126	<i>Copaifera hymenaeifolia</i>	Caguairán	A	E
	127	<i>Gliricidia sepium</i>	Bienvestido	A	A
	128	<i>Hebestigma cubensis</i>	Jurabaina	A	A
	129	<i>Lonchocarpus domingensis</i>	Guamá	A	PA
	130	<i>Mucuna pruriens</i>	Pica pica	T	A
	131	<i>Piscidia piscipula</i>	Guamá candelón	A	PA
Fitolaccaceae	132	<i>Petiveria alliacea</i>	Anamú	H	A
Flacourtiaceae	133	<i>Gossypiospermum praecox</i>	Agracejo	A	A
	134	<i>Prockia crucis</i>	Guasimilla	A	A
	135	<i>Zuelania guidonia</i>	Guaguasí	A	PA
	136	<i>Casearia aculeata</i>	Jía, Jía de monte	Ab	A
	137	<i>Casearia guianensis</i>	Jía amarilla	Ab	A
	138	<i>Casearia hirsuta</i>	Raspalengua	Ab	A
	139	<i>Casearia sylvestris</i>	Zarza de perro	Ab	A
Juglandaceae	140	<i>Juglans insularis</i>	Nogal del país	A	E
Lauraceae	141	<i>Beilschmiedia pendula</i>	Aceitunillo	A	PA
	142	<i>Cinnamomum elongatum</i>	Boniato blanco	A	A
	143	<i>Licaria jamaicensis</i>	Lebisa	A	A
	144	<i>Nectandra antillana</i>	Boniato amarillo	A	PA
	145	<i>Nectandra coriacea</i>	Sigua	A	A
	146	<i>Ocotea cuneata</i>	Canelón	A	E
	147	<i>Ocotea leucoxylon</i>	Oreja de burro	A	E
	148	<i>Persea americana</i>	Aguacate	A	PA
Loganiaceae	149	<i>Strychnos grayi</i>	Mancamontero	T	A
Malpighiaceae	150	<i>Malpighia cnide</i>	Palo bronco	Ab	PA
	151	<i>Malpighia martinicensis</i>	Palo bronco	Ab	PA
	152	<i>Malpighia sp.</i>	Palo bronco de costa	Ab	E
Malvaceae	153	<i>Atkinsia cubensis</i>	Majagua peluda	A	E
	154	<i>Talipariti elatum</i>	Majagua	A	A
	155	<i>Sida rhombifolia</i>	Malva de puerco	H	MA
	156	<i>Urena lobata</i>	Malva blanca	H	MA
Melastomataceae	157	<i>Miconia sp.</i>	Cordobán	Ab	MA
Meliaceae	158	<i>Guarea trichilioides</i>	Yamagua	A	A
	159	<i>Trichilia havanensis</i>	Siguaraya	A	A
	160	<i>Trichilia hirta</i>	Cabo de hacha	A	MA
	161	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro	A	PA
	162	<i>Swietenia mahagoni</i>	Caoba antillana	A	PA

Anexo 15. Continuación...

FAMILIA BOTÁNICA	No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	HÁBITO	ABUND. RELATIVA
Mimosaceae	163	<i>Acacia farnesiana</i>	Aroma amarilla	Ab	A
	164	<i>Acacia paniculata</i>	Tocino	T	A
	165	<i>Acacia sp.</i>	Aroma blanca	Ab	A
Mimosaceae	166	<i>Calliandra portoricensis</i>	Moruro de costa	Ab	PA
	167	<i>Dichrostachys cinerea</i>	Marabú	Ab	MA
	168	<i>Lysiloma bahamensis</i>	Soplillo	A	MA
	169	<i>Lysiloma latisiliqua</i>	Sabicú	A	E
	170	<i>Mimosa pudica</i>	Dormidera	H	A
	171	<i>Pithecellobium arboreum</i>	Moruro sabicú	A	E
	172	<i>Pithecellobium obovale</i>	Abey blanco	A	E
Mirsinaceae	173	<i>Samanea saman</i>	Algarrobo	A	MA
	174	<i>Wallenia laurifolia</i>	Palo casmao	A	A
Moraceae	175	<i>Cecropia schreberiana</i>	Yagruma	A	A
	176	<i>Ficus brevifolia</i>	Jagüeycillo	A	A
	177	<i>Ficus crassinervia</i>	Jagüey macho	A	A
	178	<i>Ficus membranacea</i>	Jagüey	A	A
	179	<i>Ficus sapotaefolia</i>	Jagüey hembra	A	A
	180	<i>Pseudolmedia spuria</i>	Macagua	A	PA
	181	<i>Trophis racemosa</i>	Ramón de caballo	A	A
Musaceae	182	<i>Musa paradisiaca</i>	Plátano burro	Ab	PA
	183	<i>Musa sapientum</i>	Plátano indio	A	E
Myrtaceae	184	<i>Eucalyptus sp.</i>	Eucalipto	A	PA
	185	<i>Eugenia axilaris</i>	Guairaje	Ab	A
	186	<i>Eugenia buxifolia</i>	Guairaje	Ab	A
	187	<i>Eugenia sp.</i>	Guairaje	Ab	A
	188	<i>Psidium guajaba</i>	Guayaba	Ab	A
	189	<i>Eugenia floribunda</i>	Mije	A	PA
	190	<i>Pimienta dioica</i>	Pimienta	A	PA
Nyctaginaceae	191	<i>Zyzygium jambos</i>	Pomarrosa	A	A
	192	<i>Pisonia aculeata</i>	Zarza	T	A
	193	<i>Torrubia rufescens</i>	Hilacho	A	PA
Oleaceae	194	<i>Fraxinus cubensis</i>	Búfano	A	PA
Orquidaceae	195	<i>Oncidium luridum</i>	Oreja de burro	E	A
	196	<i>Pleurothallis sp.</i>	Orquídea silvestre	E	A
Papaveraceae	197	<i>Argemone mexicana</i>	Cardo santo	H	MA
Papilionaceae	198	<i>Desmodium sp.</i>	Amor seco, Pegapega	H	A
	199	<i>Herpalyce cubensis</i>	Cerillo	A	A
Passifloraceae	200	<i>Passiflora pedata</i>	Bejuco caguajasa	T	A
	201	<i>Passiflora suberosa</i>	Bejuco mantequilla	T	A
Phytolaccaceae	202	<i>Phytolacca icosandra</i>	Bledo carbonero	H	PA
	203	<i>Trichostigma octandrum</i>	Bejuco guaniquiqui	Ab	A

Anexo 15. Continuación...

FAMILIA BOTÁNICA	No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	HÁBITO	ABUND. RELATIVA
Plumbaginaceae	204	<i>Plumbago scandens</i>	Malacara	Ab	A
	205	<i>Plumbago sp.</i>	Lagaña de aura	T	A
	206	<i>Plumbago sp.</i>	Pega pollo	H	A
Poaceae	207	<i>Arthostylidium capillifolium</i>	Tibisí grande	H	A
	208	<i>Bambusa vulgaris</i>	Caña brava	A	PA
	209	<i>Bothriochloa sp.</i>	Camagüeyana	H	A
	210	<i>Brachiaria extensa</i>	Gambutera	H	A
	211	<i>Brachiaria sp.</i>	Yerba bruja	H	A
	212	<i>Cenchrus sp.</i>	Guizazo	H	A
	213	<i>Chloris barbata</i>	Barba de indio	H	A
	214	<i>Coelorhachis impresa</i>	Gramas de caballo	H	A
	215	<i>Cynodon dactylon</i>	Yerba fina	H	A
	216	<i>Dactyloctenium aegyptium</i>	Pata de gallina	H	A
	217	<i>Dichanthium caricosum</i>	Jiribilla	H	A
	218	<i>Dichanthium sp.</i>	Pitilla	H	A
	219	<i>Digitaria decumbens</i>	Pangola	H	A
	220	<i>Digitaria sp.</i>	Pata de gallina	H	A
	221	<i>Hypharrhenia rufa</i>	Faragua	H	A
	222	<i>Lasiacis divaricata</i>	Tibisí chiquito	H	A
	223	<i>Lasiacis rhizophora</i>	Tibisí de monte	H	A
	224	<i>Panicum maximum</i>	Yerba de Guinea	H	A
	225	<i>Panicum reptans</i>	Gramas de Castilla	H	A
	226	<i>Paspalum notatum</i>	Cuero de buey	H	A
	227	<i>Paspalum virgatum</i>	Cortadera	H	PA
	228	<i>Rottboellia exaltata</i>	Zancaraña	H	A
	229	<i>Sorghum halepense</i>	Don Carlos	H	A
	230	<i>Sporobolus indicus</i>	Pitilla	H	A
Polygonaceae	231	<i>Coccoloba laurifolia</i>	Uvilla	A	PA
	232	<i>Coccoloba retusa</i>	Icaquillo	A	PA
Polypodiaceae	233	<i>Alsophila sp.</i>	Helecho arborescente	Ab	PA
	234	<i>Campyloneuron phyllitidis</i>	Lengua de vaca	E	A
	235	<i>Nephrolepis sp.</i>	Helecho	H	A
Rhamnaceae	236	<i>Colubrina ferruginosa</i>	Bijáguara	A	A
	237	<i>Colubrina reclinata</i>	Carbonero de costa	A	PA
	238	<i>Reynosa reticulata</i>	Almendrillo	A	PA
	239	<i>Gonana domingensis</i>	Bejuco leñatero	T	A
Rhizophoraceae	240	<i>Rhizophora mangle</i>	Mangle rojo	A	A
Rosaceae	241	<i>Prunus myrtifolia</i>	Cuajaní hembra	A	PA
	242	<i>Prunus occidentalis</i>	Cuajaní	A	PA

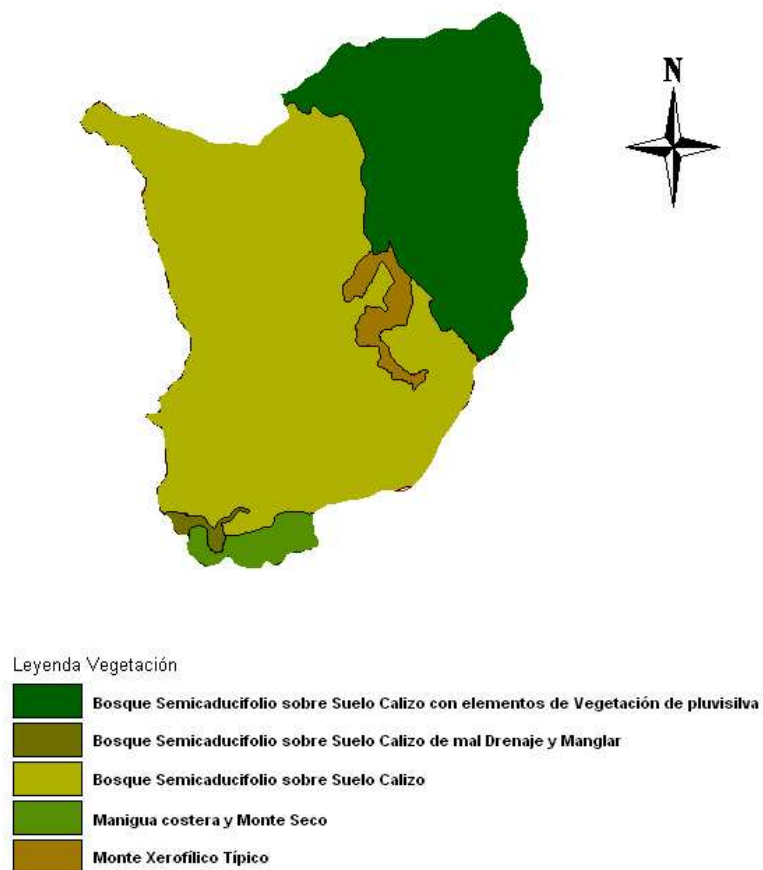
Anexo 15. Continuación...

FAMILIA BOTÁNICA	No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	HÁBITO	ABUND. RELATIVA
Rubiaceae	243	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Dagame	A	PA
	244	<i>Chione cubensis</i>	Vigueta	A	PA
	245	<i>Coffea arabica</i>	Café	Ab	A
	246	<i>Erithalis fruticosa</i>	Cuabilla prieta	Ab	A
	247	<i>Faramea occidentalis</i>	Cafetillo	Ab	A
Rubiaceae	248	<i>Genipa americana</i>	Jagua	A	PA
	249	<i>Genipa clussifolia</i>	Jagua de costa	Ab	PA
	250	<i>Gilibertia arborea</i>	Vibona	A	A
	251	<i>Hamelia patens</i>	Ponasi	Ab	A
	252	<i>Morinda roioi</i>	Garañón	Ab	PA
Rutaceae	253	<i>Amyris balsamifera</i>	Cuaba	Ab	A
	254	<i>Citrus aurantium</i>	Naranja agria	A	A
	255	<i>Zanthoxylum elephantiasis</i>	Bayúa	A	PA
	256	<i>Zanthoxylum martinicensis</i>	Ayúa	A	A
	257	<i>Citrus limonum</i>	Limón	Ab	A
	258	<i>Citrus sinensis</i>	Naranja dulce	A	PA
Sapindaceae	259	<i>Cupania cubensis</i>	Guara hembra	A	A
	260	<i>Cupania glabra</i>	Guara macho	A	A
	261	<i>Exothea paniculata</i>	Yaicuaje	A	PA
	262	<i>Hypelate trifoliata</i>	Cuaba de ingenio	A	A
	263	<i>Mellicocca bijuga</i>	Mamoncillo	A	A
	264	<i>Sapindus saponaria</i>	Jaboncillo	A	PA
	265	<i>Serjania diversifolia</i>	Bejuco angarilla	T	A
	266	<i>Allophylus cominia</i>	Palo de caja	A	A
Sapotaceae	267	<i>Achras sapota</i>	Níspero	A	PA
	268	<i>Bumelia glomerata</i>	Jía júcaro	Ab	PA
	269	<i>Chrysophyllum cainito</i>	Caimito	A	PA
	270	<i>Chrysophyllum oliviforme</i>	Caimitillo	A	A
	271	<i>Dipholis gigantea</i>	Juba	A	PA
	272	<i>Dipholis jubilla</i>	Jubilla	A	A
	273	<i>Dipholis salicifolia</i>	Cuyá	A	A
	274	<i>Mastichodendron foetidissimum</i>	Jocuma	A	A
	275	<i>Pouteria campechiana</i>	Canistel	A	PA
	276	<i>Pouteria dictyoneura</i>	Cocuyo	A	PA
	277	<i>Pouteria mammosa</i>	Mamey colorado	A	PA
Simarubaceae	278	<i>Picramnia pentrandra</i>	Aguedita	Ab	A
	279	<i>Simaruba glauca</i>	Gavilán	A	PA
Smilacaceae	280	<i>Smilax havanensis</i>	Zarzaparrilla	T	PA

Anexo 15. Continuación...

FAMILIA BOTÁNICA	No.	NOMBRE CIENTÍFICO	NOMBRE VULGAR	HÁBITO	ABUND. RELATIVA
Solanaceae	281	<i>Solanum verbascifolium</i>	Pendejera macho	Ab	A
	282	<i>Cestrum diurnum</i>	Galán de día	Ab	A
	283	<i>Espadaea amoena</i>	Rascabarriga	Ab	A
	284	<i>Physalis angustata</i>	Tomatillo	H	A
	285	<i>Solanum torvum</i>	Pendejera hembra	Ab	A
Sterculiaceae	286	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Guásima	A	A
	287	<i>Sterculia apetala</i>	Anacahuita	A	PA
	288	<i>Trema micrantha</i>	Guásima boba, Guasimilla cimarrona	A	A
Sterculiaceae	289	<i>Waltheria indica</i>	Malva blanca	H	MA
Teaceae	290	<i>Taonabo obovalis</i>	Copey vera	Ab	PA
Theophrastaceae	291	<i>Jacquinia sp.</i>	Espuela de caballero	Ab	PA
Tiliaceae	292	<i>Carpodiptera cubensis</i>	Majagüilla	A	PA
	293	<i>Luehea platypetala</i>	Guásima Baría	A	A
	294	<i>Triunfetta sp.</i>	Guizado de cochino	H	A
Ulmaceae	295	<i>Phyllostylon brasiliensis</i>	Jatía	A	PA
Urticaceae	296	<i>Fleurya cuneata</i>	Ortiguilla	H T	A
	297	<i>Pilea microphylla</i>	Frescura	H	A
	298	<i>Urera baccifera</i>	Chichicate	Ab	A
Verbenaceae	299	<i>Avicennia nítida</i>	Mangle prieto	A	A
	300	<i>Callicarpa sp.</i>	Filigrana	Ab	A
	301	<i>Lantana aculeata</i>	Filigrana	H	A
	302	<i>Petitia dominguensis</i>	Guayo prieto	A	PA
	303	<i>Tectona grandis</i>	Teca	A	E
	304	<i>Callicarpa acuminata</i>	Filigrana	Ab	A
	305	<i>Duranta repens</i>	Garbancillo	Ab	PA
Vitaceae	306	<i>Cissus sicyoides</i>	Bejuco ubí	T	PA
	307	<i>Vitis tillifolia</i>	Bejuco parra	T	PA
Zygophyllaceae	308	<i>Guaiaecum officinalis</i>	Guayacán	A	PA
	309	<i>Guaiaecum sanctum</i>	Guayacán blanco	A	PA
	310	<i>Tribulus cistoide</i>	Abrojo	R	A

Anexo 16. Mapa de vegetación.



Anexo 17. Tabla de paisaje

EVALUACION DE LOS COMPLEJOS PASAJISTICOS DE LA CUENCA DEL RIO YAGUANABO

Geocomplejo 1º Orden	Geocomplejo 2º Orden	Geocomplejo 3º Orden	Modif. Antropica		Calidad Ambiental	Valor Conservación		Valor Estético		Valor Funcional			Tipo funcional propuesto	Límites para su utilización	Medidas de conservación de la naturaleza
			Antropica	Natural		Estabilidad	Ecológico	Intrínseco	Extrínseco	Agroproductivo	Constructivo	Recreativo			
1- Valle intramontano de origen tectónico fluvial conformado en su centro por una llanura ondulada sobre rocas metaterrigenas y metamórficas de la formación naranjo, bordeado por las montañas bajas metamórficas y metarboladas de la formación San Juan con pendientes fuertes y escarpadas en ocasiones.	1- Parte central del Valle ocupado por una llanura ondulada y muy erosionada sobre rocas de la formación naranjo con predominio de pendientes entre el 7 y el 12% dedicado fundamentalmente a la ganadería extensiva.	a). Zona ondulada con pendientes entre los 7 y 12% con suelos pardos ferralíticos y fersialíticos.	Alta	Baja	Buena	Media	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Actividad econ. Cotos de caza silvopastoreo.	Cargas altas de ganado.	Reforestación. Medidas de conservación de suelo.
		b). Zonas con pendientes entre los 20 y 60% con suelos esqueléticos.	Media	Baja	Buena	Media	Alto	Alto	Alto	Media	Baja	Media	Bosque protector.	Fuertes pendientes.	Reforestación.
		c). Zona con pendientes entre los 12 y 20% y suelos ferralíticos rojo luvriado	Alta	Baja	Buena	Media	Medio	Medio	Medio	Medio	Alto	Bajo	Silvopastoreo.	Cargas altas de ganado.	Reforestación. Medidas de conservación de suelo.
	2- Superficie ligeramente ondulada sobre rocas metamórficas y metaterrigenas de la formación naranjo con suelos pardos sin carbonato.	Alta	Baja	Buena	Media	Bajo	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Bajo	Producción de viandas y hortalizas. Silvopastoreo.		Medidas de conservación de suelo.
	3- Llanuras y montañas bajas que bordean la parte central del Valle sobre rocas de la formación San Juan con pendientes fuertes, vegetación muy degradada y suelos muy erosionados.	Media	Baja	Buena	Alta	Alto	Alto	Alto	Alto	Media	Baja	Media	Bosque protector.	Fuertes pendientes. Afloramientos rocosos difícil acceso.	Reforestación.

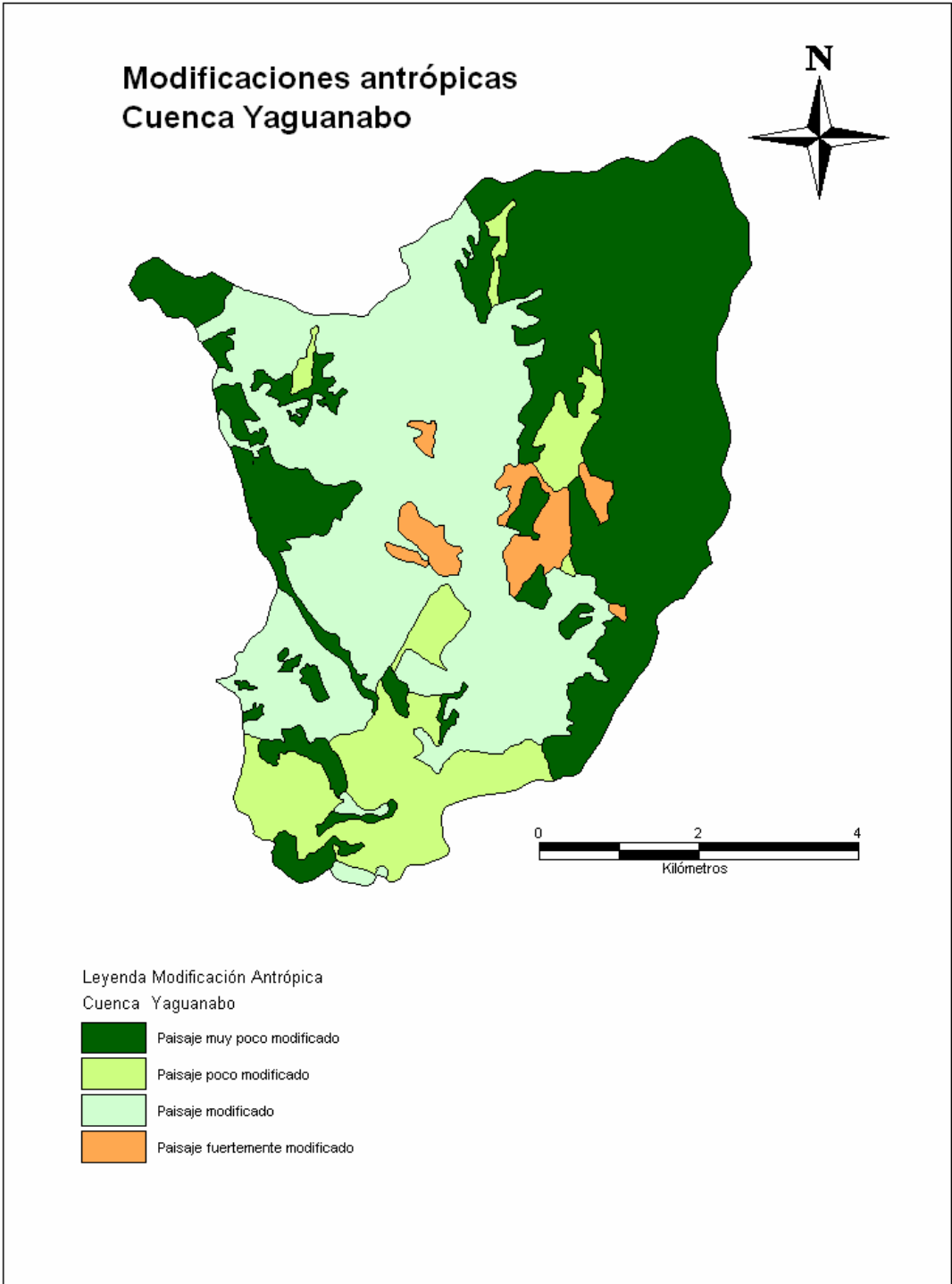
Anexo 17. Continuación...

		b). Suelos esqueléticos y vegetación con rasgos de <u>xerofitismo</u> .	Alta	Media	Media	Alta	Alto	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Baja	Bosque protector.	Rasgos de <u>xerofitismo</u> y fuertes pendientes.	Reforestación.
		c). Montañas bajas con pendientes y suelos esqueléticos.	Media	Baja	Buena	Alta	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo	Media	Bosque protector.	Fuertes pendientes de difícil acceso.	Reforestación.
		d). Llanuras altas onduladas con suelo <u>ferralsítico</u> pardo rojizo.	Media	Baja	Buena	Media	Medio	Bajo	Alto	Medio	Medio	Medio	Bosque protector.	Pendientes medias.	Reforestación.
		e). Llanura baja con suelos de benzina roja.	Alta	Baja	Buena	Alta	Medio	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bosque protector.		Reforestación.
		f). Zona <u>fluvio-marina</u> acumulativa con manglar y bosque de mal drenaje.	Alta	Baja	Regular	Alta	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bosque protector.		Reforestación.
		g). Llanura baja con fuertes pendientes y suelos <u>ferralsítico</u> y pardo rojizo.	Alta	Baja	Regular	Alta	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bosque protector.		Reforestación.
		h). Llanura diseccionada con suelos esqueléticos.	Alta	Media	Regular	Alta	Bajo	Bajo	Alto	Bajo	Bajo	Bajo	Bosque protector.	Calidad de los suelos.	Reforestación.
		i). Alturas bajas con fuertes pendientes y	Alta	Baja	Buena	Alta	Medio	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Medio	Bosque protector.	Calidad de los suelos, fuertes pendientes y escarpes.	Reforestación.

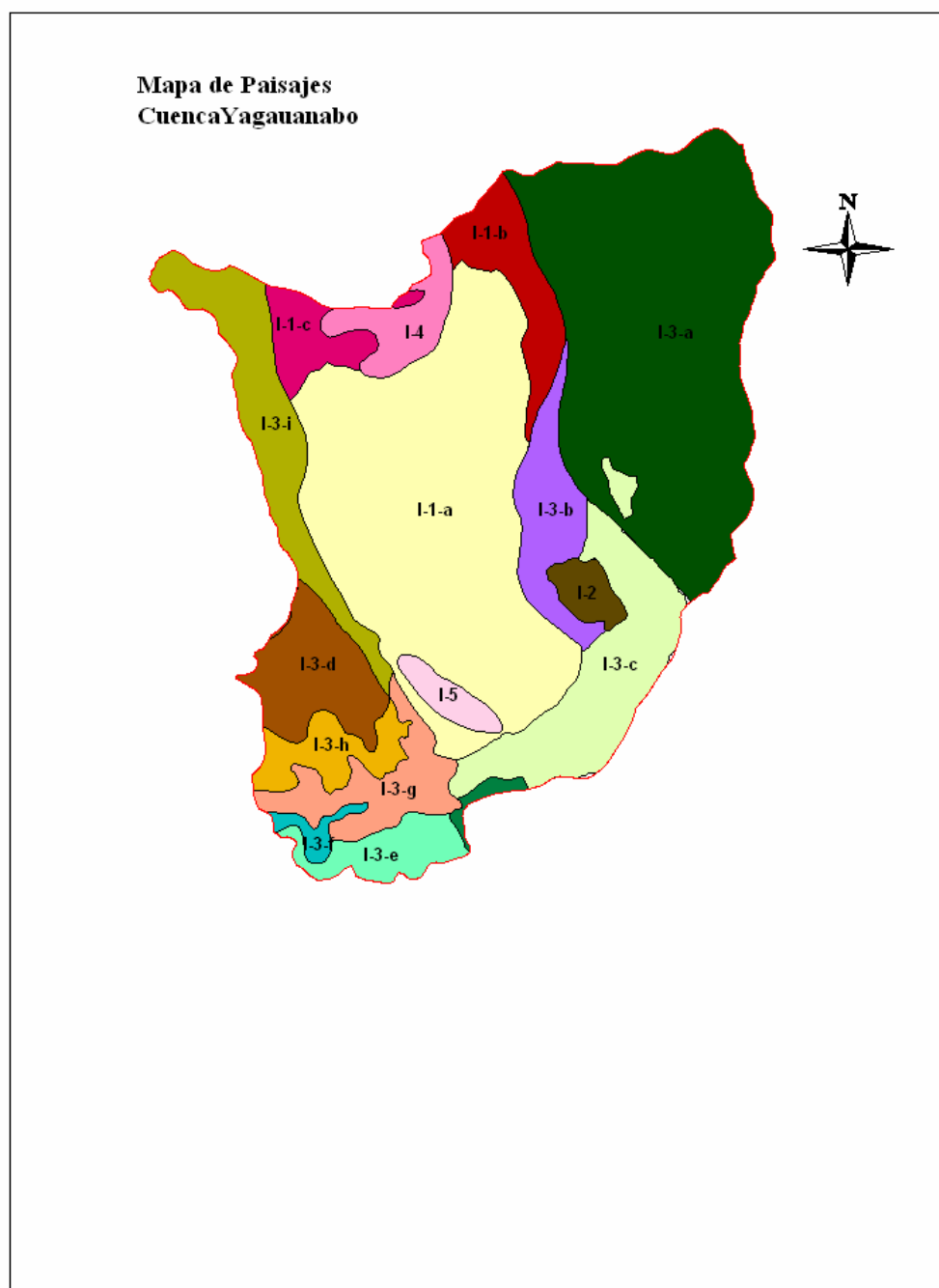
Anexo 17. Continuación...

		suelos de benzina roja.													
	4- elevación sobre esquistos calcáreos de la formación San Juan con fuertes pendientes y vegetación muy degradada, con suelos esqueléticos.		Alta	Baja	Buena	Alta	Bajo	Alto	Alto	Bajo	Bajo	Alto	Bosque protector, recreativo.	Fuerte pendiente.	Reforestación.
	5-Pendientes medias sobre esquistos calcáreos con suelos esqueléticos y fersialíticos pardo rojizo con bosque semicaucifolio muy degradado.		Media	Baja	Regular	Alta	Media	Bajo	Alto	Medio	Bajo	Bajo	Silvopastoreo y bosque protector.	Pendientes medias.	Reforestación.
II- Elevación cárcicas de origen tectónico erosivo desarrollados sobre los esquistos calcáreos de la formación San Juan con suelo sin carbonato.			Media	Baja	Buena	Alta	Alta	Alto	Alto	Media	Bajo	Medio	Bosque protector.	Difícil acceso.	Reforestación.

Anexo 18. Mapa de modificaciones antrópicas.



Anexo 19. Mapa de paisaje.



Anexo 19. Continuación... Leyenda Mapa de paisaje.

Tipo de paisaje

	I-1-a Valle intramontano, llanuras y montañas parte central ondulado con pendiente entre 7 y 12 % y suelos pardos ferralíticos.
	I -1- b Valle intramontan, parte central ondulado con pendiente entre 20 y 60 %, suelos esquelíticos.
	I -1- c Valle intramontan, parte central ondulado con pendiente entre 20 y 60 %, suelos esquelíticos.
	I -3-a Valle intramontano, llanuras y montañas bajas que bordean la parte central del valle farallones y casquetes con suelo ferralítico.
	I -3-b Valle intramontano, llanuras y montañas bajas que bordean la parte central suelos esquelíticos y vegetación con xeromorfismo.
	I -3-c Valle intramontano, llanuras y montañas bajas que bordean la parte central del valle sobre rocas de formación San Juan, pendientes fuertes, vegetación muy degradada y suelos muy erosionados. Montañas bajas contendientes y suelos esquelíticos.
	I -3-d Valle intramontano, llanuras y montañas bajas que bordean la parte central del valle sobre rocas de formación San Juan, pendientes fuertes, vegetación muy degradada y suelos muy erosionados. Llanuras ondulada con suelo ferralítico pardo rojizo.
	I -3-e Valle intramontano, llanuras y montañas bajas que bordean la parte central del valle sobre rocas de formación San Juan, pendientes fuertes, vegetación muy degradada y suelos muy erosionados. Llanuras bajas con suelo de renzina roja
	I -3-f Valle intramontano, llanuras y montañas bajas que bordean la parte central del valle zona fluvio marina acumulativa con maglar y bosque de mal drenaje.
	I -3-g Valle intramontano, llanuras y montañas bajas que bordean la parte central del valle sobre rocas de formación San Juan, pendientes fuertes, vegetación muy degradada y suelos muy erosionados. Llanuras bajas con fuertes pendientes y suelo ferralítico y prado rojizo.
	I -3-h Valle intramontano, llanuras y montañas bajas que bordean la parte central del valle sobre rocas de formación San Juan, pendientes fuertes, vegetación muy degradada y suelos muy erosionados. Llanura diseccionada con suelos esquelíticos
	I -3-i Valle intramontano, llanuras y montañas bajas que bordean la parte central del valle alturas bajas con fuertes pendientes y suelos de benzinas rojas.
	I -2 Parte central del valle
	I -3 Valle intramontan, llanuras y montañas bajas que bordean la parte central del valle sobre rocas de la formación San Juan con pendientes fuertes y vegetación muy degradada y suelos muy erosionados
	I -4 Valle intramontano, elevación sobre esquistos calcáreos de la formación San Juan, vegetación degradada con suelos esquelíticos
	I -5 Valle intramontano, pendiente medias sobre esquistos
	II-5 Elevación cársica de origen tectónico erosivo desarrollado sobre los esquistos calcáreos de la formación San Juan con suelos sin carbonatos con pendientes medias sobre esquistos calcáreos con bosque semicaducifolio muy degradado

Anexo 20. Encuesta de percepción ambiental para pobladores.

Datos generales:

Sexo: F ____ M ____ Edad: ____ años

Escolaridad: ____ Primaria ____ Secundaria ____ Técnico Medio
____ Preuniversitario ____ Técnico de nivel superior.

Ocupación: ____ Obrero ____ Campesino ____ Estudiante ____ Dirigente
____ Ama de casa ____ Técnico Medio ____ Técnico Superior
____ Militar ____ Jubilado ____ Desocupado ____ Otros

Encuesta

¿Considera usted que existen problemas ambientales en el espacio natural de su área de residencia? Sí ____ No ____

¿Quién (o quiénes) considera usted que es (o son) el (los) responsables de los problemas ambientales de su zona de residencia?

- ____ Gobierno
- ____ Comunes
- ____ El Consejo Popular
- ____ La Comunidad.
- ____ Otros.

¿Cuáles son los principales problemas ambientales que presenta el espacio natural donde está su comunidad.

- ____ Vertimiento de residuales al medio sin tratar o deficientemente tratados.
- ____ Presencia de micros vertederos.
- ____ Tala de la vegetación autóctona.
- ____ Pesca ilícita.
- ____ Caza ilícita.
- ____ Erosión de suelos.
- ____ Ganadería extensiva.
- ____ Tala indiscriminada.
- ____ Contaminación del río.
- ____ Contaminantes agropecuarios.
- ____ Deforestación

Ordene los problemas ambientales que a su juicio deben ser resueltos en el menor plazo.

La información ambiental que llega a usted es:

- ____ Abundante.
- ____ Suficiente.
- ____ Insuficiente.
- ____ Mínima.
- ____ No tiene información ambiental.

Anexo 20. Continuación...

¿A través de qué medio le llega a usted la información ambiental?

☐ TV ☐ Periódico ☐ Centro de trabajo ☐ Radio
☐ Cine ☐ Revistas ☐ Amigos ☐ Médico de la familia
☐ Escuela ☐ Libros ☐ CDR ☐ Parientes
☐ No recibe información.

7. ¿Cree usted que está preparado para contribuir al rescate del espacio natural de su área de residencia? Sí ☐ No ☐

8. ¿Estaría usted dispuesto a participar en el rescate de los valores del Valle de Yaguanabo? Sí ☐ No ☐

Anexo 21. Guía para la Entrevista a Directivos.

Datos Generales:

Sexo: F ____ M ____ Edad: ____ años

Escolaridad: ____ Primaria ____ Media ____ Superior

Aspectos Económicos:

1. ¿Cree usted que el deterioro ambiental acumulado ha reducido la productividad del territorio? Explique brevemente.
2. ¿Cómo se revierte el beneficio económico de la actividad en la recuperación de la productividad del territorio?
3. ¿El impacto de la actividad que usted dirige está deteriorando el ambiente y los recursos naturales? Explique brevemente.
4. ¿Existen aún recursos naturales que pueden ser aprovechados incrementando el efecto de actividades económicas y la productividad del territorio?
5. ¿Cree usted que la empresa que dirige está invirtiendo en el mejoramiento ambiental y productivo del territorio?
6. ¿Cree usted que la economía del territorio está destinando suficientes recursos para conseguir el mejoramiento ambiental y el mejoramiento de la productividad del territorio?
7. ¿Considera usted que es posible ampliar el espectro de la actividad y el aprovechamiento de recursos dentro del territorio?
8. ¿Considera usted que la entidad que dirige realiza un adecuado uso del suelo de acuerdo con su vocación?
9. ¿Conoce usted las especies de la flora y la fauna amenazadas de extinción que existen en el territorio?
10. ¿Conoce usted de las investigaciones que se llevan a cabo en el territorio para la conservación de especies de la flora y la fauna?
11. ¿Ha contribuido con los trabajos de conservación de la naturaleza?
12. ¿Cómo valora usted la calidad del paisaje natural del territorio?
Alta ____ Media ____ Baja ____

Anexo 21. Continuación...

Aspectos Institucionales:

1. ¿Cómo considera los vínculos e interacciones de su entidad con otras instituciones y con la comunidad local?

Excelentes ____ Satisfactorios ____ Deficientes ____

2. ¿Cree usted que su entidad tiene en cuenta el interés de la población local para su gestión?

3. ¿Cómo es la participación local en el proceso de dirección y la toma de decisiones?

Alta ____ Media ____ Baja ____

Aspectos Socioculturales:

1. ¿Considera usted que las condiciones de vida de la población residente en el territorio bajo su radio de acción son adecuadas?

2. ¿Considera usted que se mantiene el respeto y continuidad de las tradiciones locales de la población?

3. ¿Considera usted que se satisfacen necesidades de la población en cuanto a servicios y alimentación?

4. ¿Considera usted que el empleo de la población local está garantizado con las actividades económicas existentes en el territorio?

5. ¿Considera usted que la población local tiene garantizada las posibilidades de superación, información, acceso a actividades culturales y participación en el desarrollo cultural?

Anexo 22. Relación entre las variables poblacionales de la muestra de personas encuestadas (independientes) y las opiniones emitidas (dependientes). Regresión Logística Binaria.

Variable Dependiente	Variables Independientes	B	E.T.	Wald	gl	Sig.	Exp(B)
Existencia de problemas ambientales	edad	0,042	0,133	0,099	1	0,753	1,043
	grupo de edad	-0,864	2,256	0,147	1	0,702	0,421
	sexo	-2,133	1,464	2,122	1	0,145	0,118
	escolaridad	0,404	1,183	0,117	1	0,732	1,498
	ocupación	0,500	0,496	1,014	1	0,314	1,648
Responsabilidad del Gobierno territorial en los problemas ambientales	edad	43,725	1475,898	0,001	1	0,976	1E+019
	grupo de edad	-672,033	22930,920	0,001	1	0,977	0,000
	sexo	38,022	2308,729	0,000	1	0,987	3E+016
	escolaridad	78,648	2843,207	0,001	1	0,978	1E+034
	ocupación	-17,271	817,364	0,000	1	0,983	0,000
Responsabilidad de la Dirección de Servicios Comunales en los problemas ambientales	edad	0,119	0,097	1,508	1	0,219	1,127
	grupo de edad	-1,712	1,552	1,218	1	0,270	0,180
	sexo	7,466	3,598	4,306	1	0,038	1747,887
	escolaridad	-5,243	2,710	3,743	1	0,053	0,005
	ocupación	-2,308	0,970	5,664	1	0,017	0,099
Responsabilidad del Consejo Popular en los problemas ambientales	edad	-0,006	0,067	0,008	1	0,928	0,994
	grupo de edad	0,498	1,168	0,182	1	0,670	1,645
	sexo	-0,083	0,687	0,014	1	0,904	0,921
	escolaridad	-0,085	0,563	0,023	1	0,881	0,919
	ocupación	-0,133	0,193	0,473	1	0,492	0,876
Responsabilidad de la Comunidad Local en los problemas ambientales	edad	-0,011	0,056	0,037	1	0,848	0,989
	grupo de edad	0,687	0,995	0,478	1	0,490	1,989
	sexo	-0,822	0,582	1,995	1	0,158	0,439
	escolaridad	0,665	0,474	1,963	1	0,161	1,944
	ocupación	0,178	0,143	1,554	1	0,212	1,195
	Constante	-1,892	1,779	1,131	1	0,288	0,151
Responsabilidad de otras entidades en los problemas ambientales	edad	-0,291	0,113	6,688	1	0,010	0,747
	grupo de edad	1,833	1,648	1,237	1	0,266	6,255
	sexo	-0,280	0,936	0,089	1	0,765	0,756
	escolaridad	-0,595	0,975	0,372	1	0,542	0,552
	ocupación	0,354	0,277	1,631	1	0,202	1,424
Preparados para actuar en la solución de los problemas ambientales	edad	-0,057	0,073	0,604	1	0,437	0,945
	grupo de edad	-0,446	1,254	0,127	1	0,722	0,640
	sexo	0,403	0,763	0,279	1	0,597	1,497
	escolaridad	-1,640	0,628	6,818	1	0,009	0,194
	ocupación	0,211	0,222	0,904	1	0,342	1,235
Dispuestos a trabajar en la solución de los problemas ambientales	edad	-0,057	0,073	0,604	1	0,437	0,945
	grupo de edad	-0,446	1,254	0,127	1	0,722	0,640
	sexo	0,403	0,763	0,279	1	0,597	1,497
	escolaridad	-1,640	0,628	6,818	1	0,009	0,194
	ocupación	0,211	0,222	0,904	1	0,342	1,235