



IR A PAGINA 110

UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI AGRARIA
DIPARTIMENTO DI SCIENZE APPLICATE AI SISTEMI COMPLESSI

**Dottorato di Ricerca in “Gestione e valorizzazione delle risorse nei territori
collinari e montani”
VI CICLO N.S.**

**Modelo alternativo de diagnóstico para la planificación ambiental
en cuencas hidrográfica. Aplicación a las subcuencas Tuinucú-
Yayabo, Sancti Spiritus, Cuba.**

***Aspirante:* Ignacio González Ramírez**

***Coordinatore:* Prof. Edoardo Biondi**

***Tutores:* Prof. Andrea Galli**

Dr C. Alfredo Domínguez González

2007

SÍNTESIS

La presente investigación se basa en la consideración que las ciencias, en el campo de la planificación a las varias escalas, tienen que incorporar el flujo del conocimiento "local", integrándolo a través de la multidisciplinariedad.

De modo general, el problema científico, es orientado a establecer una serie de propiedades del paisaje en el área de estudio, proponiendo indicadores sintéticos de diferenciación del paisaje local y de evaluación de la dinámica del paisaje durante un periodo de 50 años. La base principal del análisis se realizó sobre la diferenciación del paisaje a partir de la relación entre la altimetría y la pendiente, la duración del periodo seco y la composición del suelo. El estudio de la evolución, fue realizado a partir de indicadores morfológicos como el índice de compacidad, la dimensión fractal, la entropía y la fragmentación. Se obtuvo una matriz de evolución del uso de suelo que se basa en la relación entre la compacidad y la fragmentación, que expresa la dinámica de la antropización del paisaje. El resultado principal está en la capacidad de aplicar estos indicadores como alternativas de diagnóstico del estado del paisaje local y su potencialidad metodológica para integrarse a estudios multidisciplinarios.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	4
1.2. OBJETIVOS DEL TRABAJO.	9
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTOS TEÓRICO-METODOLÓGICOS.	12
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	12
2.2. LA CONCEPCIÓN SISTÉMICA EN EL ESTUDIO DE LOS PAISAJES	16
2.3. PRINCIPIOS TEÓRICOS DE LAS CIENCIAS DE LOS PAISAJES	23
2.4. ESTRUCTURA Y ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL PAISAJE:	27
2.4.1. Estructura vertical de los paisajes	29
2.4.2. Estructura horizontal de los paisajes	31
2.5. EL POTENCIAL DEL PAISAJE.....	32
2.6. CLASIFICACIÓN DEL PAISAJE.....	35
2.7. EMPLEO DE LOS MODELOS EN LAS INVESTIGACIONES DE PAISAJES.....	38
2.8. LA TEORÍA DE LOS PAISAJES EN LA PRAXIS DEL DESARROLLO LOCAL.....	40
CAPÍTULO 3: ORIGEN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES.....	46
3.1. CARACTERÍSTICAS DE LA GEOLOGÍA Y EL RELIEVE	46
3.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS Y LOS COMPONENTES BIÓTICOS	67
3.3.1. Valoración de las formaciones presentes.....	<i>¡Error! Marcador no definido.</i>
3.3.2. La actividad antrópica	71
3.4. LA TAXONOMÍA DEL PAISAJE LOCAL	78
3.4.1. La diferenciación del paisaje local.	79
3.4.1. Indicadores sintéticos de diferenciación del paisaje de la cuenca Zaza.	88
3.4.2. Unidades invariantes del paisaje (fisiotopos) de la cuenca del río Zaza.....	94
CAPÍTULO 4: MODELO ALTERNATIVO DE DIAGNÓSTICO: ESTUDIO DEL CASO DE LAS SUBCUENCAS TUINUCÚ Y YAYABO.	97
4.1. CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS PAISAJES.	97
4.2. DINÁMICAS DE VARIACIÓN DEL USO DEL SUELO	100
4.3. PRESIÓN ANTRÓPICA SOBRE EL PAISAJE	111
4.4. ANÁLISIS USO POTENCIAL	114
CONCLUSIONES	124
BIBLIOGRAFÍA	127

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

Uno de los primeros estudios desarrollados a Cuba en el ámbito de las cuencas hidrográficas fue la Ordenación de la cuenca del río Sipiabo en el año 1992. Bajo la guía metodológica del instituto de Investigaciones Forestales de Cuba y apoyada en alguna experiencias provinciales, la sede territorial de la Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios, organizó un equipo multidisciplinario, constituido por diversos especialistas de la provincia de Sancti Spiritus, que se dedicó a aplicar esta experiencia nacional en un proyecto de investigación durante un periodo superior a un año. Las bases informativas fueron amplias, gracias a la existencia de importantes resultados científicos en la cartografía temática en el país durante la década de los 80, por ejemplo geología y pedología. Se concluyó con un proyecto de ordenación forestal de la subcuenca Sipiabo, afluente del río Agabama.

En el 1996 se constituyó a Cuba el Consejo Nacional de las Cuencas Hidrográficas, dentro del CITMA, que representó el primero reconocimiento de la cuenca hidrográfica como unidad territorial de integración en la gestión ambiental. Tal acontecimiento tuvo una gran importancia sobre el plan de la teoría de la gestión y la planificación territorial. Por la primera vez se declaró la importancia de utilizar el método interdisciplinario en los procesos de gestión.

Además, representó la elección de un proceso de gestión orientado a la especificidad del objeto de estudio y a una visión sistémica de su interrelación con la sociedad. Esta evolución se puede interpretar como una tentativa que aspiró a desarrollar una interacción entre las estructuras antrópicas y el entorno natural según una óptica sistémica, basada en el respeto de la integridad del entorno natural.

Actualmente, dentro de la estructura del Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente, existen las Unidades provinciales de Medio Ambiente, encargadas de la gestión y regulación ambiental en los territorios donde radican, sin embargo, esta actividad encuentra serias dificultades por la complejidad de la labor de gestión entre una gran variedad de actores cuyos intereses y actuaciones no son completamente acordes con la protección ambiental. Aún

predomina una visión demasiado "tradicional" del entorno natural, consolidada por milenios de empleo y explotación utilitarista de los recursos naturales. A nivel local emergen los conflictos entre las nuevas ideas de compatibilidad en el uso de los recursos y las actividades económicas que se desarrollan cotidianamente. De hecho, sea a nivel de investigación o de producción, el problema no ha sido solucionado. Además del Consejo Nacional de las Cuencas Hidrográficas, se crearon los Consejos provinciales, que son organizados estructuralmente hasta los municipios. Las acciones de gestión desarrolladas por ellos, se orientan a las cuencas de mayor prioridad en los territorios, algunas de ellas de interés nacional y otras de interés provincial.

El Consejo de Cuencas Hidrográficas de Sancti Spiritus, tiene como principal objeto de gestión a la cuenca Zaza, que la segunda de interés a nivel del país. La cuenca Cauto, en la región oriental representa la primera en prioridad para Cuba. En ella se han desarrollado válidas experiencias para la gestión de las cuencas hidrográficas, con participación de instituciones de interés nacional. Esta cuenca ha contado con la atención en recursos económicos que un país subdesarrollado como Cuba ha podido concentrar en una tarea priorizada de gestión ambiental.

Es imposible para un país de limitados recursos y con necesidades urgentes en muchos campos sociales, con fuertes limitaciones al acceso de recursos y a capitales como en el caso de Cuba, desarrollar estrategias de gestión similares a la del Cauto en todas sus cuencas, también es imposible pensar que la ejecución de estas estrategias de gestión en el país puedan ser rectoradas por grupos nacionales. Sin embargo la experiencia en esta cuenca oriental, crea una experiencia para la gestión que sirve de estudio piloto para todo el país. Al mismo tiempo, para los grupos de gestores provinciales, es un llamado a la aplicación de estrategias alternativas que sean desarrolladas desde lo local a partir de las potencialidades que existen en un país con alto nivel de escolaridad para el autodesarrollo local.

A pesar de las condiciones de subdesarrollo económico, existe una gran capital humano en las provincias, que representa el resultado de un largo período de

inversiones en la formación universitaria y que actualmente se extiende hasta los municipios con el proceso llamado de "universalización del conocimiento" a través de la extensión e integración de las universidades en las comunidades.

La universalización comenzó por ser una posibilidad de estudio para los jóvenes de territorios lejanos a los centros universitarios, acercando las sedes donde desarrollan sus estudios a los lugares donde viven o trabajan. Sin embargo, la percepción en tales comunidades locales, fue la del nacimiento de un nuevo actor, necesario para el desarrollo del territorio, del que se espera una participación activa a las dinámicas locales.

Para la población y los gobiernos locales, la universalización puede ser la posibilidad de que la ciencia se incorpore operacionalmente a los problemas cotidianos. Esas dos percepciones diversas del mismo proceso, es un ejemplo de las capacidades locales, que establecen nuevas emergencias a partir del conocimiento de su propia complejidad y de sus necesidades, imposibles de abarcar en todas sus especificidades por los agentes externos.

Las experiencias interdisciplinarias de gestión integrada, con la participación de actores nacionales en determinadas áreas, representan un paradigma a seguir a nivel local. Pero es imposible pensar que tales experiencias puedan aplicarse de manera rígida en cada localidad. La gestión para el desarrollo como concepto de integración económica con bases sostenibles, necesita basarse en las peculiaridades locales, lo que se puede llamar la complejidad local como elemento identitario alrededor del cual los varios componente se amalgaman en un determinado territorio y lo hacen único con sus ventajas y desventajas.

No se puede perseguir el desarrollo sostenible con recetas nacionales o globales, para cada localidad. Son tentativas para solucionar las limitaciones locales con diagnósticos veloces, de los que derivan planes operativos elaborados rígidamente con argumentaciones científicas que parten de un enfoque reduccionista de las problemáticas. Único modo de enfrentar la incapacidad de reconocer toda su complejidad.

Se trata de viejos mecanismos que violan los principios elementales actuales de la gestión para el desarrollo Y de la investigación científica: "quizás el enemigo más grande es la ortodoxia: siempre repetir la misma receta, la misma terapia para curar tipos de enfermedades diferentes; no admitir la complejidad, desear reducirla a todo costo mientras las cosas reales siempre son un poco más complicadas" (Donzelli, 1999).

Al mismo tiempo, la gestión local debe reconocer la necesidad de la articulación con los agentes externos, como oportunidades de acceso a las fuentes de financiamiento, a la experiencia acumulada en otros territorios, que puede aportar esquemas generales de partida. También como oportunidad de acceso al conocimiento científico de avanzada, que a través de los agentes externos puede favorecer el autodesarrollo, por ser la vía de conexión con el mundo globalizado.

En Cuba, en los municipios, existen centros universitarios que actúan como un actor local y al mismo tiempo, forman parte de un sistema global. Las universidades son las únicas instituciones cubanas con tales características: ser un sistema de pensamiento de integración nacional que tiene sus raíces en cada localidad y que al mismo tiempo pertenece a un sistema formado por instituciones similares de todo el mundo.

Las expectativas que tiene la localidad sobre este nuevo participante nacido en el territorio, son compartidas por otros investigadores de todo el planeta, que ven a la universidad cubana frente al desafío de la que representa la mayor limitación para el sistema universitario global, el de integrarse en las dinámicas territoriales locales. Por tanto resulta importante evaluar el contexto, su complejidad y su multidimensionalidad. Sin embargo, no es posible elaborar un modelo único que defina cómo cada universidad puede enfrentar esta nueva función. A través de los años será necesario sistematizar una enorme cantidad de experiencias que enriquezcan la base epistemológica y la praxis del proceso de universalización.

La mayor fortaleza de la universidad es la de pertenecer a diversas alianzas en el campo de la ciencia y la actuación. Su posición geográfica le da un carácter

local, pero al mismo tiempo el espacio universitario crea la potencialidad de alcanzar el liderazgo a niveles regionales, nacionales o globales en determinados campos del conocimiento. Una nueva percepción de su responsabilidad en la comunidad, en lo referido al campo científico, crea la necesidad de contextualizar las diversas disciplinas científicas. Se incluye la necesidad de participar en un nuevo desarrollo, orientado al territorio como sistema complejo, que puede nacer de la multidisciplinariedad y donde la ciencia participe junto a la experiencia de los actores sociales y la práctica de la gestión y la administración. Se crea así la necesidad de que cada especialidad científica, para participar en el desarrollo local, debe reevaluar sus potencialidades, enfocándolas hacia un proceso de gestión interdisciplinario.

En las ciencias del Paisaje, este criterio se puede aplicar con la percepción del paisaje local como un sistema en sí y no como el fragmento de un sistema de mayor extensión. Ello significa utilizar los fundamentos epistemológicos de la ciencia en una nueva clasificación no derivada de generalizaciones anteriores. De este modo, las emergencias locales pueden ser valoradas de acuerdo a su importancia local.

En este trabajo, se explora sobre el tema de la complejidad de los paisajes locales y la importancia que reviste un enfoque basado en su clasificación a partir de la valoración de sus componentes y propiedades como un todo y no como derivación de clasificaciones generales. Esta conceptualización no es una ruptura con los conceptos anteriores, sino una necesidad práctica del desarrollo sostenible. Es el enfoque de acercar la ciencia a la práctica de la gestión, partiendo de la posibilidad cubana de formar un conocimiento desde lo local.

El objeto de estudio es la cuenca Zaza, profundizando en los procesos de degradación en los últimos 50 años, durante los cuales ha estado sometida a la mayor presión antrópica en su historia, por el aumento de la población, la necesaria introducción de nuevas tecnologías y una concentración urbana que modificó intensamente su estructura demográfica.

1.2. Objetivos del trabajo.

La presente investigación se basa en la consideración que las ciencias, en el campo de la planificación, a las varias escalas y en particular a nivel local, con su bagaje instrumental y metodológico, tienen que incorporar el flujo del conocimiento "local", integrándolo a través de la multidisciplinariedad.

Los estudios, los análisis, las soluciones y los escenarios propuestos por la sociedad científica, antes de ser divulgados e incorporados a la sociedad, necesitan su revisión, un proceso interno en la red de transmisión del conocimiento en el que el debate científico emergente de las posiciones académicas individuales tiene que ser reexaminado bajo diversos puntos de vista.

Este paso crítico, es sustentado hoy a varios niveles de la comunidad científica, y en particular en el dominio de las ciencias de la planificación y gestión del territorio y sus recursos. El enfoque multidisciplinario está fundamentado teóricamente en las Ciencias del Paisaje.

Las Ciencias del Paisaje, constituyen una diversidad de escuelas científicas, de origen relativamente reciente, con un cuerpo teórico transdisciplinario. Combinan el enfoque geoecológico para hacer emerger: las estructuras, las funciones y los cambios que ocurren, dentro de un territorio, con el enfoque geográfico, para comprender las configuraciones espaciales del paisaje considerado como una entidad global. Los fundamentos básicos son que las formas del mosaico y las configuraciones adyacentes a un paisaje heterogéneo producen un efecto determinante sobre los procesos ecológicos y sobre las fuerzas que determinarán, como resultante, las formas del paisaje mismo. En ecología del paisaje, un concepto fundamental es la teoría: "patch, corredor, matriz", (Forman, Godron, 1986).

Cualquier elemento identificable en una representación plana de una porción de territorio -aerofotogrametría, ortofotos, cartas temáticas de uso del suelo, imágenes multi-hiperespectrales de sensores satelitales o aéreos, etcétera – se representa en una de las categorías espaciales del modelo. La relativa facilidad de identificar en él, su forma y configuración en las diversas escalas de

representación, permite que los productos elaborados según el modelo propuesto por Forman, puedan ser utilizados mediante planos o diseños, para la gestión del territorio.

Esta operación, repetible a muchas escalas y períodos de tiempo, permite una comparación directa para el empleo de indicadores aplicados a los diversos paisajes para identificar en ello sus configuraciones. El lenguaje universal adoptado por las Ciencias del paisaje tiene la ventaja de permitir una comunicación eficaz entre expertos de muchas disciplinas que estudian el mismo territorio (Forman, 1998).

Partiendo de los enfoques teóricos hasta el nivel aplicativo, en particular por las escalas de estudio de media a grande, el territorio cubano exhibe una vasta literatura de referencia, en las que muchos autores concuerdan sobre la necesidad de sustentar fuertemente la integración interdisciplinaria de los resultados (Domínguez, 2002). En esta óptica las ciencias del paisaje, además de ser eficaces instrumentos de análisis, permiten definir escenarios a disposición de los decisores, obrando como sistemas de soporte a las decisiones (DSS).

El primer grande objetivo de este trabajo es la creación de una base informativa territorial de la cuenca Zaza, partiendo de la integración de los datos a disposición en los organismos de gobierno y planificación. La metodología de estudio propuesta se basa en experiencias anteriores, presentes en la literatura, y propone un análisis detallado a partir de indicadores específicos y variables locales, que oportunamente integrados permiten leer la organización del territorio como complejo interactivo, "paisaje sensu Landscape Ecology", cuyos propiedades interiores y los niveles taxonómicos son clasificados a partir de datos - invariantes - realzados a escalas mayores. Por ejemplo, el balance hidrológico o el grado de sequía representan una calidad intrínseca de la cuenca, cuyo valor es un invariante en relación al efecto de las actividades antrópicas en el área, pero al mismo tiempo son informaciones de enorme importancia para los campesinos locales. También la estructura morfológica del

territorio, que permite diferenciar las unidades de paisaje, unívocamente definidas, independientemente del enfoque metodológico.

El segundo objetivo general del estudio es profundizar en un caso de estudio sobre un área de menor extensión, en la que se perfilan las bases para la creación de un sistema de soporte a la decisión para la planificación de las intervenciones participativas e interdisciplinarias. Para ello se aplican y desarrollan indicadores sintéticos de clasificación y de diagnóstico que crean un conocimiento sobre los paisajes útil para la planificación ambiental.

De modo general, el problema científico, es orientado a establecer una serie de propiedades del paisaje en el área de estudio, proponiendo indicadores útiles para la evaluación y el monitoreo de los recursos, como potencialidades de las Ciencias de los Paisajes válidas para incorporar a las estrategias de desarrollo local.

CAPÍTULO 2. Fundamentos teórico-metodológicos.

2.1. Antecedentes de la investigación

A lo largo del siglo XX, mientras la Geografía experimentaba un vertiginoso desarrollo en el ámbito mundial, en Cuba se encontraba subdesarrollada, a pesar de tener una larga tradición, que se remonta a los primeros años del siglo XIX, con los trabajos de Alejandro de Humboldt, continuados desde entonces, por científicos cubanos como Esteban Pichardo, Salvador Massip, Sarah Isalgué, Pedro Cañas Abril, Antonio Núñez Jiménez, entre otros. Por otra parte, la mayoría de las investigaciones geográficas y las publicaciones resultantes, respondían a los intereses privados hacia los recursos naturales, por lo que eran aislados y parciales (Domínguez, 2003).

A partir de 1959, con la ayuda de la Unión Soviética y otras naciones del campo socialista, el país experimentó un vertiginoso progreso, como resultado del cual se alcanzaron resultados importantes en la creación de un profundo conocimiento del territorio en lo que se refiere a los componentes naturales, su cartografía y caracterización, como por ejemplo el levantamiento geológico de campo a escala 1: 50 000 en todo el territorio nacional, el mapa nacional de suelo a escala 1: 25 000, la creación de la red topogeodésica nacional hasta el IV orden, que junto a los diversos vuelos aéreos realizados, permitió la elaboración de las cartas topográficas de la República de Cuba a diversas escalas. Además se densificó la red pluviométrica y de estaciones hidrometeorológicas y meteorológicas. Como consecuencia de esto y del desarrollo de la formación de especialistas en nuestras Universidades, se pudieron profundizar estudios de los paisajes cubanos, que tuvieron como resultado numerosas obras científicas, realizadas por geógrafos formados en su mayoría en la etapa revolucionaria.

A través de estos años, el país ha trazado su política científica, de la que son exponentes la Resolución “Sobre la Ciencia y la Técnica”, aprobada en el I Congreso del PCC y ratificada en los sucesivos, así como la aprobación por la ANPP en 1980, de la Ley de Protección del Medio Ambiente y del Uso Racional de los Recursos Naturales, la que tuvo vigencia durante la década siguiente y sirvió de antecedente a otras legislaciones surgidas en los años 90, como el Decreto

118 de 1990, la creación del CITMA en 1995, la Ley del Medio Ambiente de 1997, el establecimiento en el 1997 de la Estrategia Ambiental Nacional y su adecuación para cada provincia del país y la nueva Estrategia Ambiental Nacional que comienza a aplicarse en el 2007 y hasta el 2010 entre otras.

En 1927 Salvador Massip comenzó sus publicaciones sobre regionalización del territorio, este enfoque fue continuado en posteriores profundizaciones realizadas en las investigaciones posteriores. Es un ejemplo típico del enfoque sistémico que domina en las investigaciones cubanas sobre la Geografía de los paisajes y que continúa hasta la actualidad. A partir de aquel trabajo inicial, no cesaron los intentos por identificar y clasificar las unidades naturales físico-geográficas que se han formado en Cuba durante su evolución paleogeográfica, y la influencia humana sobre ellas. Estos estudios se propagaron mucho a partir de la década de 1980, cuando la teoría de los paisajes, comenzó a utilizarse como fundamento de la actividad de planificación.

Al proveer a los interesados de una explicación sintética de las características físico-geográficas de los diversos territorios, los estudios de paisajes se constituyeron en el punto de partida para la planificación de diversas actividades socioeconómicas en el país (crecimiento urbano, desarrollo turístico, protección de la naturaleza, entre otras).

Sin embargo, la introducción y asimilación de la doctrina geoecológica de los paisajes en los años 90, le ha dado una nueva connotación a las investigaciones paisajísticas, al ofrecer un arsenal teórico-metodológico suficientemente coherente y amplio, para estudiar la sustentabilidad ambiental de los sistemas geoespaciales que sostienen la producción agropecuaria, diagnosticar su estado y proponer alternativas de manejo que contribuyan a su optimización.

Los resultados del estudio de los paisajes naturales y antroponaturales que forman la geodiversidad del archipiélago, se han publicado en numerosas obras, la más relevante de las cuales es el Nuevo Atlas Nacional de Cuba, donde aparecen, entre otros, los mapas correspondientes a los tipos de paisajes y a los individuos físico-geográficos del territorio cubano.

En la provincia de Sancti Spíritus, los estudios de los paisajes comenzaron en la década de los años 80 en el departamento de Geografía del Instituto Superior Pedagógico. Se destacan varios trabajos estudiantiles y resultados de investigaciones profesoriales dirigidos por Alfredo Domínguez, que culminaron en la tesis doctoral del referido autor sobre el análisis y diagnóstico de los paisajes de la provincia (Domínguez, 2003), que representa actualmente una importante base científica de referencia para cualquier tipo de estudio ambiental en el territorio espirituario.

Otros trabajos de interés son los estudios de cuencas hidrográficas, comenzados en 1991, con la ordenación de la cuenca del río Sipiabo y que continuaron en los ríos Banao, Higuanojo y Cangrejo.

Con el mismo carácter integrador, se desarrollaron trabajos a escala local. Se destacan los Estudios geográficos integrales de las Áreas Protegidas de la provincia, ejecutados por el grupo de estudios ambientales de la Agencia Geocuba de Sancti Spíritus. Por primera vez, estos trabajos fueron el resultado de un grupo de trabajo multidisciplinario. También por primera vez se utilizó la tecnología CAD (Computer Assisted Design) y GIS (Geographical Information System) en la integración de los resultados de un grupo multidisciplinario, en un estudio geográfico integral en la provincia. Los trabajos realizados por el grupo de estudios ambientales, tuvieron un marcado carácter de evaluación de los recursos naturales al ser planificados como estudios de línea base ambiental para la confección de los planes de manejo de las áreas protegidas (González et al, 2000, 2001 a, b y c, 2002 a y b).

La incorporación de los Sistemas de Información Geográfica a los trabajos de cartografía temática y al procesamiento de las bases de datos espaciales en los años 90 en la provincia (González, 1999), permitió mejorar la calidad de los datos en trabajos locales a mayor escala. Sin embargo, la cartografía temática de la provincia, desarrollada principalmente durante la década de los 80 como resultado de la colaboración científico-técnica entre los países de CAME, se encuentra en formato papel, con bases de datos no asociadas a las entidades espaciales.

Por tanto, los estudios sobre el paisaje se encuentran en una etapa primaria de desarrollo y resulta de gran importancia su aplicación en los estudios de cuencas hidrográficas, con el objetivo de aportar el enfoque epistemológico de las ciencias del paisaje a la concepción integral, multidisciplinaria que incentivan los consejos territoriales de cuencas hidrográficas. En segundo lugar, resulta muy importante avanzar en la concepción sistémica de los paisajes, profundizando en la aplicación del principio de que “el todo es más que la suma de las partes”. Ello puede ser aplicado en el campo de las ciencias de los paisajes a partir de definir indicadores sintéticos que expresen la emergencia del sistema. Se entiende por emergencia el conjunto de características resultantes de la estructura y el funcionamiento del sistema, que define sus propiedades. De este modo, la cualidad del paisaje está dada por su comportamiento como un todo, lo cual resulta de su composición y estructura, pero no solo de la combinación de estos componentes, sino de las nuevas cualidades emergentes.

El análisis de la relación entre los componentes, no solo establece una característica del paisaje, sino que define la cualidad del sistema.

También es importante, la incorporación de las potencialidades de geoprocesamiento de los Sistemas de Información Geográfica para la determinación de las propiedades de los paisajes. Existen diversos métodos de digitalización de la información temática en formato papel, con posibilidades de cálculo de los errores de digitalización, que facilita el uso de estas bases temáticas en el geoprocesamiento. También se pueden utilizar informaciones provenientes de imágenes sensoriales y radares, que permiten por ejemplo, obtener la base de relieve digital y el mapa de uso del suelo de diversas épocas.

Otro elemento es que se conoce solo de manera parcial, la magnitud y profundidad de la influencia humana sobre los paisajes de esta parte del país (especialmente por las manifestaciones de degradación que exhiben algunos componentes de la estructura vertical de los mismos, tales como los suelos y la vegetación). Sin embargo, desde inicios del siglo XVI, el territorio constituye un escenario importante del impacto antrópico en Cuba, con un patrón de uso de la tierra basado en la obtención de ganancias, a cualquier costo.

Independientemente de que el triunfo revolucionario de 1959, marcó un cambio radical en las concepciones acerca de la relación Hombre - Naturaleza, las actividades humanas sobre los sistemas naturales (particularmente en el sector agropecuario), debieron intensificarse bruscamente, para superar las condiciones de subdesarrollo en que se encontraba todo el país y en particular, el actual territorio provincial.

Esto ocurrió bajo el paradigma de una agricultura intensiva - industrial, tipo "Revolución Verde", que desde inicios de los años 90, con el Período Especial, se ha ido transformando en una agricultura de bajos insumos, más auto dependiente y orientada al aprovechamiento de los recursos locales.

Sin embargo, las décadas anteriores habían marcado grandes cambios en todos los aspectos de la vida social y económica de los espirituanos, operados en las direcciones siguientes: reorganización agropecuaria, con el surgimiento de grandes planes agrícolas y ganaderos; desarrollo hidroeconómico, con un gigantesco crecimiento en la construcción de embalses y sistemas de riego y drenaje, y el consiguiente crecimiento urbano - industrial y de las vías de comunicación. Resulta evidente que la dinámica de estas transformaciones, unido al insuficiente conocimiento de las propiedades de los sistemas ambientales que sostienen la producción agropecuaria, no permitieron siempre establecer regímenes de manejo, que garantizaran detener la prolongada degradación en muchos de los geosistemas y acometer su necesaria rehabilitación.

2.2 La concepción sistémica en el estudio de los paisajes

A partir de los años '60 se ha difundido ampliamente en muchas disciplinas científicas el análisis sistémico, surgida en la ciencia contemporánea como respuesta a la creciente especialización y al aislamiento de las diferentes ramas del conocimiento. En el ámbito del análisis sistémico han sido elaborados un lenguaje y una metodología científica completamente formalizada, aplicables a prácticamente todas las disciplinas científicas. En tal manera ha empezado a desarrollarse un activo cambio de ideas, conceptos y métodos entre las diferentes disciplinas, tal de contribuir al nacimiento de una amplia variedad de

ramas interdisciplinarias del conocimiento y a la articulación entre ramas de la ciencia que inicialmente no tuvieron un lenguaje común.

Para entender el paisaje, es necesario partir de la Teoría de Sistemas.

El interés actual por el análisis sistémico es aumentado con la acumulación de conocimientos teóricos y empíricos sobre los objetos estudiados y sobre las relaciones entre muchos objetos. Eso ha conducido a la necesidad de analizar una gran cantidad de variables. En general, se ha evidenciado la necesidad de estudiar tales situaciones complejas con métodos y enfoques que superaran las concepciones tradicionales, predominantemente descriptivas.

El resultado de estos esfuerzos ha sido la elaboración de la Teoría Matemática de los Sistemas. Tal concepción permite estudiar cualquier posible régimen, estructura o estado de cualquier sistema.

La concepción sistémica, de manera específica, consiste en el hecho que cualquier diversidad de la realidad en términos de propiedades, fenómenos, relaciones, problemas, situaciones, etc., puede considerarse como una unidad, un sistema regulado en uno u otro sentido, que se manifiesta a través de algunas categorías sistémicas estructura, elemento, relaciones, intensidad, etc.

Se puede definir como sistema, a un conjunto de elementos que se encuentran en relación y conectados entre ellos y que forman una determinada unidad e integridad. Es un conjunto energético - sustancial de miembro interrelacionadas, cercanos de acuerdo a relaciones directas e inversas en cierta unidad. Es un complejo, único, organizado, formado por el conjunto o combinación de objetos o partes.

El sistema es una formación que se caracteriza para los siguientes rasgos (Gallopín, 1986):

- Multiplicidad de elementos
- Interrelaciones entre los elementos que forman el sistema, y además entre el objeto determinado y el mundo externo

- Jerarquía de los elementos como sistema de nivel inferior, al nivel superior.
- Las propiedades de los sistemas no pueden ser descritas significativamente en términos de elementos separados. Su comprensión exige el análisis global, incluyendo toda la interdependencia de los elementos que los componen con otros parecidos.

Las propiedades de los sistemas como entidades materiales son las siguientes:

Objetivo: los sistemas tienen un objetivo y se les puede atribuir una función.

Funcionamiento: los sistemas existen para funcionar. El funcionamiento consiste en ciclos recurrentes de entradas, transformaciones y salidas

Globalidad o totalidad: cada sistema es incluido en otro sistema, que hace parte de otro a su vez. Ningún sistema es absolutamente autónomo

Realimentación: por este proceso, el sistema recibe continuamente información de su medio exterior. Es una interdependencia mutua, permanente, de cambio de fuerzas entre los sistemas. La realimentación permite la totalidad. Es la acción que las salidas ejercen sobre las entradas para mantener el equilibrio del sistema

Entropía: puede interpretarse como la tendencia a terminar que tiene un sistema. Se refiere también a su dinámica interna, que se desarrolla en condiciones de aislamiento del entorno. Esta tendencia es normal en cada sistema gracias a su energía interior, pero los sistemas tienen muchas características entrópicas. Los sistemas cerrados tienen una alta entropía, en razón de su escasa interacción dinámica con los demás sistemas: por este motivo tienden a la extinción. Los sistemas abiertos, reciben carga de los sistemas externos, que facilita su dinámica interna mejorando la entrega de productos en correspondencia con la capacidad productiva.

Homeóstasis: es la respuesta que tienen todos los sistemas, es decir la tendencia necesaria y presente en todo para garantizar su misma existencia. La pérdida de homeóstasis es debida a la falta de realimentación o a la falta de entradas; aumentando la entropía y perdiendo la capacidad de respuesta, los

sistemas empiezan a agotarse. Hay homeóstasis cuando los sistemas se nutren de otros, se reactivan y pueden regenerarse o engendrar otros sistemas.

Sinergia: es la capacidad de producir nuevos elementos estructurales o funcionales. Es la dinámica constructiva, la tendencia a la renovación, pero focalizada hacia la transformación. Es cada movimiento que se presenta en un sistema: un proceso de cambio por etapas constantes que se ocasiona por la interacción y que hace que el sistema cambie.

Equifinalidad: es el equilibrio entre la posibilidad de funcionar y la capacidad entrópica.

Límites: existen varias y muchas formas de límites, de interdependencia entre los sistemas, de espacio, de relación, de empleo.

Jerarquía: es la posición o ubicación de los subsistemas y los miembros del sistema.

Conforme con sus propiedades, los sistemas pueden dividirse en dos categorías fundamentales: sistemas cerrados y sistemas abiertos.

Los sistemas cerrados tienen pocas entradas y salidas en relación al entorno externo, conservando entre sí una razón de causa y efecto.

Los sistemas abiertos poseen numerosas entradas y salidas para relacionarse con el entorno externo, y no están bien definidos. Sus relaciones de causa y efecto son indeterminadas. Establece un equilibrio dinámico en la medida en que mantiene su capacidad de transformación, de energía o de trabajo. Sin el flujo continuo de entradas de transformación el flujo de salida no puede sobrevivir.

La condición fundamental para utilizar el enfoque sistémico, es la necesidad de llevar a cabo una observación secuencial y directa de los principios sistémicos en todos los niveles de la investigación científica. En tal modo, se transforma en un estilo peculiar de pensamiento.

Éste presupone que el objeto estudiado:

- sea un todo o una formación integral.

- funcione sobre la base del cambio de los flujos de Energía, Materia e Información como un "todo."
- tenga cualidades propias como sistema, que no tienen que ser inherentes a los elementos que lo forman.
- que el conjunto de los elementos que lo componen se sometan a leyes comunes.

El empleo del enfoque sistémico, como un conjunto de métodos lógicos, regulados del conocimiento de la realidad, tiene ventajas de carácter científico, como:

- Aplicar un aparato conceptual diferente bajo la forma de categorías y propiedades formuladas con relativa exactitud.
- Permitir la distinción objetiva del objeto estudiado dentro del entorno, dividiéndolo en una serie de niveles de complejidad y la diferenciación de estos niveles en términos de concepción sistémica.
- Facilitar la creación de un modelo de salida para estudiar el objeto con base en el que puede elaborarse el programa de su estudio, bajo la forma de operaciones científicas.

En tal manera, el enfoque sistémico constituye uno de los soportes científicos fundamentales en el estudio de los paisajes.

En la teoría de los paisajes son evidentes algunas influencias metodológicas - conceptuales de la sistémica:

La Teoría General de los Sistemas (TGS), (Bertalanffy, 1975): ha sido utilizada para el estudio de los organismos vivos y el análisis de la transformación, conservación y degradación de la energía. su empleo en la Teoría de los Paisajes es limitado, ya que su enfoque ecológico, está orientado esencialmente para sistemas céntricos, mientras que el paisaje es sistémico - jerárquico. En todo caso, mucho de las formulaciones del TGS son adaptables a las investigaciones del paisaje.

La Variante Cibernética de Wiener (Wiener, 1948): se ha usado para estudiar los sistemas técnicos, en la elaboración y transformación de la información a través de máquinas calculadoras. Ha sido la base por el análisis informativo y los estudios de estructuras de diferente tipo en las ciencias del paisaje.

Teoría de los grafos: muchos de los problemas relacionados con los sistemas, se refieren más a las propiedades estructurales o topológicas de los sistemas que a sus correlaciones cuantitativas. La teoría de los grafos y en especial la de los grafos directos, elabora estructura relacionales, representándolas en un espacio topológico. Se ha aplicado en algunos aspectos relacionales de la biología (Rashevsky, 1956).

Teoría de las redes: Está muy asociada a la teoría de los grafos, de la compartimentación de los modelos, se aplica a sistemas similares a los retículos nerviosos (von Bertalanffy, 1975). La teoría de redes tiene una amplia aplicación actualmente como teoría de redes neurales. La teoría de los grafos y la teoría de las redes, tienen aplicación en el análisis dinámico de los paisajes, tanto en la determinación de estructuras nodo-vector, como de las propiedades de transmisión y conexión.

Teoría de la información (Shannon y Weaver, 1949): Se basa en el concepto de la información, definida de una expresión isomorfa con respecto a la entropía negativa de la termodinámica. A partir de esta teoría se define que la información puede ser utilizada como una medida de la organización interna de un sistema. La teoría de la información, además de basarse en la entropía negativa, puede ser expresada también en términos de exergía, o sea, a partir del análisis de las diferencias de potenciales energéticos en las estructuras interiores de un sistema determinado.

Es de enorme aplicación, pues de su interpretación se pueden inferir varios principios de la estructura sistémica de los paisajes. Permite reconocer la complejidad infinitesimal de los paisajes o lo que es lo mismo, que cualquier espacio geográfico además de ser parte del paisaje global puede ser analizado como un paisaje complejo en sí, con un orden jerárquico y una complejidad que debe estudiarse a partir de las emergencias del sistema en estudio. El paisaje

no es más complejo a medida que es mayor su tamaño, ya que a nivel local emergen propiedades no consideradas a menor escala. El término escala se interpreta como menor o mayor a partir de criterios cartográficos.

Tanto a partir de la entropía como del análisis energético, los paisajes locales pueden analizarse como homogéneos en estudios a pequeña escala, pero tienen diferencias de potencial local que establecen un nivel de complejidad de mayor importancia para su análisis que el resultado de las generalizaciones. Este principio es de amplia aplicación en la investigación. El principal problema para su aplicación está en la escala y estructura de la información temática, que si es muy general, no permite la diferenciación de los paisajes y la determinación de los indicadores sintéticos de sus cualidades emergentes. Por ejemplo, el mapa geológico utiliza como mínima unidad de estudio a la Formación geológica, que es un factor de diferenciación tectónico y estructural, pero no es operativo desde el punto de vista de las propiedades físico-mecánicas de las rocas, propiedad de mayor importancia en el análisis de los paisajes locales.

Los paisajes constituyen una categoría particular de sistemas. Son sistemas complejos autorregulados, autoorganizados y abiertos, con un alto grado de relaciones de dependencia y balance entre los mismos miembros, con un cambio relativamente limitado de flujos de Energía, Materia e Información, con sistemas situados al exterior. El impacto humano conduce a aumentar el grado de abertura con el entorno externo, disminuyendo el balance entre los miembros dentro del sistema.

A partir de la visión sistémica, se entiende el Paisaje como un sistema integrado, en el que cada componente aislado no posee propiedades integradoras. Estas propiedades integradoras sólo se desarrollan cuando se observa el Paisaje como un sistema total. Es lo que llamamos la emergencia del sistema, el conjunto de propiedades cualitativamente nuevas, propias de la singularidad del "todo", que lo identifican y lo definen como una entidad superior a la suma de sus componentes.

La incorporación de los Sistemas de Información Geográfica, permiten profundizar en estas propiedades y cualificar el sistema de acuerdo a su emergencia. Se pueden definir con mayor claridad esas propiedades nuevas que nacen de la existencia de una organización cualitativamente superior a la suma de los componentes. Los estudios de los paisajes en Cuba han profundizado en establecer la dialéctica de las relaciones internas, la explicación de las relaciones genéticas, funcionales y estructurales que se establecen. Ello es lógico a partir del carácter jerárquico de este tipo de sistemas.

Sin embargo, no se ha profundizado lo suficiente acerca de las propiedades emergentes. Las propiedades emergentes no explican detalladamente las relaciones jerárquicas en una concepción de paisaje global, pero expresan con mayor claridad, las cualidades nuevas del sistema. Por ello resulta importante cuando se comienza a trabajar a escala de mayor detalle, expresar estas propiedades, de mayor importancia en la operacionalización de las unidades paisajísticas. En este trabajo se asumen los trabajos anteriores y se profundiza principalmente en las propiedades que emergen a partir de la estructura y funcionamiento del paisaje.

2.3. Principios teóricos de las Ciencias de los paisajes

El concepto de Paisaje es polisémico y cada esquematización de su concepto, tiende a ser reduccionista en su operacionalización. El Paisaje es una realidad cuyos elementos son dispuestos como un sistema con conexiones armónicas de estructuras y funciones: es pues un espacio físico y al mismo tiempo un sistema de recursos, integrados en la sociedad.

Esta complejidad hace que el Paisaje sea concebido como un sistema de conceptos, formado por el trinomio "paisaje natural - paisaje social - paisaje cultural". Podría ser definido como un poli sistema que se sitúa en la interfase entre la Naturaleza y la Sociedad, dotado de una estructura y un funcionamiento propio. El status paisajístico de este sistema, es determinado del subsistema de producción económica y del subsistema cultural: los efectos cambian en acuerdo a los tipos de producción y a los grupos sociales implicados. Los Paisajes son verdaderos espacios naturales transformados por las sociedades

para producir, habitar, vivir y soñar: en síntesis son formaciones antropo - naturales.

El Paisaje puede ser analizado por todas las disciplinas científicas. Es concreto y visible para cada uno y es distinguible en la realidad.

Para analizarlo sin reducir de ello la complejidad y la polisemia, es necesario un enfoque "diagonal" y transdisciplinar, que permita la articulación de su dimensión socio-natural.

Según la Teoría de los Paisajes de Preobrazhenskii et.al. (1988), los paisajes responden a una serie de axiomas:

Axioma Sistémico: los paisajes son sistemas. Se caracterizan por la existencia de formaciones interactivas, en los que los diferentes elementos forman un todo único y íntegro dentro del que son distinguibles y en recíproca interrelación.

Axioma Jerárquico: los paisajes poseen una estructura jerárquica, tal que los sistemas con rango inferior, con propiedad común isomorfica, refleja las propiedades del sistema de rango superior.

Axioma espacial: Los paisajes son unidades espaciales que tienen una diversidad en la misma estructura vertical y en aquel horizontal.

Axioma Temporal: los paisajes tienen una dinámica temporal, por la cual, el estado actual constituye solo una fase de su evolución. La dinámica de los paisajes es el resultado complejo de la dinámica natural - caracterizada por ciclos largos - y de aquél originado por la interacción naturaleza-sociedad, que tiene en cambio ciclos breves.

El análisis paisajístico o de los paisajes indica el conjunto de métodos y procedimientos técnicos y analíticos que permiten conocer y explicar las regularidades de la estructura y el funcionamiento de los paisajes, de estudiar sus propiedades, determinar los índices y los parámetros relativos a sus dinámicas. Tales métodos permiten pues analizar los estados, los procesos de formación y transformación tal como los aspectos relacionados con la autorregulación e integración de los paisajes mismos.

El esquema metodológico que es aplicado a Cuba por el estudio de los paisajes a la óptica de la planificación y la Gestión Ambiental es caracterizado por los siguientes elementos (Mateo) 1998,:

Estudio de la organización paisajística: Comprende la clasificación y taxonomía de las estructuras paisajísticas, sobre la base del esclarecimiento de los factores que forman y transforman los paisajes. Por tanto, se debe partir de la caracterización de esos factores - entre los que resulta esencial la actividad humana -, para lograr inventariar, caracterizar y cartografiar la geodiversidad del territorio en estudio.

Análisis de los Paisajes: Incluye la determinación de sus atributos sistémicos, para lo cual se hace necesario utilizar, entre otros, los enfoques estructural, funcional, e histórico - genético.

Paralelamente, el análisis de las consecuencias de la modificación antropogénica, conduce a la comprensión de los procesos degradantes que sufren los paisajes, así como de los factores que los desencadenaron y/o intensificaron.

Valoración del potencial de los paisajes: por la identificación de los tipos de empleo, de los impactos y de las consecuencias que éstos tienen sobre los paisajes, y de las cargas - compatibles, permite la determinación del potencial de empleo de los recursos y los servicios ambientales además del cálculo de los factores humanos que pueden incidir en el empleo de los paisajes.

Diagnóstico de los paisajes: Constituye una síntesis de las etapas anteriores, al demandar la articulación de los resultados obtenidos en las mismas, como premisa para obtener un criterio holístico acerca del paisaje, que permita determinar su estado geoecológico.

Para el diagnóstico, una tarea básica es la determinación del potencial de uso de los recursos y servicios ambientales (potencial natural para determinado tipo de uso).

Como puede apreciarse, el término "potencial", se interpreta como sinónimo de aptitud o capacidad de uso - en este caso de los paisajes -, para asumir

determinado tipo de utilización. A partir de ello, se correlaciona el potencial con el uso actual, para establecer la compatibilidad de la utilización del paisaje.

Etapa propositiva: Incluye, entre otras cuestiones, el análisis de alternativas en función de las propiedades y el estado de los paisajes; el diseño de la organización estructuro-funcional óptima de los mismos (a partir del pronóstico geográfico que arrojan los diferentes usos que se pretende asignar), así como el establecimiento de la zonificación funcional.

Esta última, consiste en la distribución espacial de las funciones que debe cumplir cada paisaje (de acuerdo con su potencial y las necesidades de uso que la sociedad le asigne), así como la elaboración del plan definitivo, que conjuga los resultados del estudio de la naturaleza, con los estudios socioeconómicos, demográficos y otros, estableciendo cómo usar integralmente el territorio.

Monitoreo geoecológico: Indispensable para mantener un análisis sistemático del estado de los paisajes y de las variaciones más importantes que van experimentando sus propiedades sistémicas en el tiempo.

El diagnóstico de los paisajes es "la valoración de las propiedades del paisaje y su estado en relación a su empleo por las actividades humanas", Mateo, J. y otros; 1995. tal definición hace referencia al análisis de un lado del potencial sobre el que cuenta cada paisaje, del otro de los problemas complejos que pueden producirse o que ya existen en aquellas unidades, como resultado de los procesos naturales y de las actividades humanas actuales o planificadas. Éste incluye el estudio de la degradación de los paisajes, la valoración de los impactos ambientales y el análisis de la peligrosidad y los riesgos.

En particular, esta etapa analítica comprende las fases siguientes:

- Valoración del potencial del paisaje para las diversas actividades socio-económicas.
- Valoración de la eficiencia en el uso de los paisajes, relacionando el uso con las propiedades y el potencial impacto, además, analizando la

capacidad de soporte de las actividades socioeconómicas por parte del paisaje.

- Valoración del estado de los paisajes, degradación, riesgos y principales problemas ambientales.

2.4. Estructura y análisis estructural del paisaje:

Actualmente el estudio de las estructuras espaciales de los objetos y los fenómenos es muy importante. Un cuadro completo sobre las estructuras espaciales sólo es posible por la comprensión de la naturaleza como portadora de sus propiedades. Pero, al mismo tiempo, la esencia del paisaje como "portador" de las propiedades, no pueden ser suficientemente estudiada sin el análisis abstracto de las propiedades geométricas y la composición de las mismas estructuras espaciales. Está' en éste que se identifican las huellas de la actividad humana.

Al mismo tiempo, el conocimiento de las estructuras espaciales tiene un gran interés práctico. En trabajos de planificación ambiental puede ser útil para la valoración cuantitativa del grado de complejidad de la estructura paisajística. En sí, la estructura de los paisajes es un reflejo de la diversidad paisajística, del geodiversidad, siendo un elemento esencial en los diferentes tipos de diversidad, incluida la biodiversidad.

La estructura se define como el conjunto de elementos de un sistema, que incluye un cierto tipo de relaciones entre ellos. La estructura de los paisajes es aquel invariante inmueble, al menos en el largo período, del paisaje que garantiza la integridad y coherencia del sistema. Consiste, pues, en la existencia de nexos, conexiones y relaciones que sustentan la capacidad de funcionar y producir de un paisaje. Por consiguiente, el funcionamiento del paisaje depende de la estructura del sistema. Como estructura espacial de los paisajes se consideran las agrupaciones reales territoriales de formaciones naturales o antrópico-naturales que se repiten o cambian de modo en regular, formando una integridad (unidad) que corresponde a uno o a otra categoría en la jerarquía de las unidades de paisajes (Preobrazhenskii) 1982.

La estructura del paisaje se basa en el sistema de relaciones a internas entre sus miembros, que son de tres tipos: vertical, horizontal y vectorial o funcional.

El concepto de estructura, es informado estrechamente con la noción de contraste de los paisajes, que define las diferencias de estado sustancial de los fenómenos. Se distinguen el contraste vertical y aquel horizontal. Lo vertical se refiere a las diferencias en la composición de los miembros del paisaje o geo-horizontes. El contraste horizontal consiste en las diferencias de composición entre unidades de paisaje vecinas situadas en el plan horizontal. Los efectos del contraste son muy relevantes en cuanto condicionan el flujo de energía, materia e información. En el contacto entre unidades contrastantes se realiza el aumento de la intensidad de cambio de materia y energía, que es definido como efecto del límite. Sobre esta base se ha desarrollado el concepto de geocotono.

El análisis estructural de los paisajes, incluye las siguientes cuestiones:

- La elaboración de las definiciones del aparato conceptual sobre las estructuras paisajísticas.
- El inventario de dichas estructuras.
- El análisis de las correspondencias recíprocas entre las estructuras de los miembros individuales y la estructura del paisaje como un todo.
- Las interrelaciones entre las estructuras espaciales de origen natural y sus modificaciones y transformaciones de origen antrópica.
- La distinción y articulación entre las muchas categorías de geoestructuras parciales.
- La clasificación y formalización de las estructuras espaciales.
- La elaboración de los métodos cuantitativos como forma del conocimiento instrumental de las estructuras espaciales.

Por cuanto concierne la estructura del paisaje, este se distingue en vertical y horizontal.

2.4.1. Estructura vertical de los paisajes

La estructura vertical de los paisajes es el resultado de la composición y de las interrelaciones entre los elementos y los componentes del paisaje en sentido vertical como la composición litológica, el relieve, el agua, los suelos, la vegetación y la fauna. Estos componentes se consideran como geo-horizontes de los paisajes, caracterizados de su masa y de las propiedades a ellos inherentes. La estructura vertical de los paisajes depende de un conjunto de factores y se somete a las regularidades de diferenciación paisajística, es decir la zonalidad y la azonalidad. Las relaciones verticales entre los componentes, participan en la creación de las propiedades emergentes del paisaje.

El análisis de la estructura vertical de los paisajes, de las relaciones entre las miembros, se puede hacer por métodos cuantitativos. Para determinar el carácter de las relaciones entre los componentes del paisaje se usa el siguiente procedimiento de mediciones de la frecuencia de las relaciones propuesto por Richling (1982). Tal método consiste en la elaboración de una matriz de relaciones por parejas de componentes. En los apartados de la matriz se muestran, entre los diferentes tipos de miembro, el número o porcentaje del área que ocupan las relaciones.

Este procedimiento permite de explicar una propiedad estructural fundamental de los paisajes: el concepto de coherencia de los paisajes, que se considera la correspondencia de sus diferentes miembros como él un con los otros. Un alto grado de coherencia es característico para los llanos húmedos donde la vegetación se encuentra en completa correspondencia con las peculiaridades de los suelos y con las aguas. Existen paisajes con coherencia muy débil, por ejemplo la mayor parte de los desiertos.

Se usan además otros tipos de índices como el índice entrópico de las relaciones entre los componentes, el índice multiespacial de las relaciones entre los componentes, el índice de la potencia de las relaciones y el índice de la coherencia o consistencia interior de los paisajes.

Atada al concepto de la estructura vertical de los paisajes, es la idea que cualquier paisaje natural es poli estructural. La poli estructura de los paisajes,

se considera como la diferenciación estructural de la superficie terrestre. En la formación del paisaje actúan la superposición, el condicionamiento recíproco y la interrelación entre tres categorías de geoestructuras parciales: la morfolitogénica, la hidroclimatogénica y la biopedogénica (V.N.Solntsev, 1997).

La geoestructura morfolitogénica, es formado esencialmente por el sustrato mineral del paisaje, el más inerte, y es determinada por el condicionamiento gravitatorio del esqueleto o del ensamblaje rígido de la estructura.

En primer lugar el esqueleto morfolitogénico, el plano general de la distribución de la energía y las reservas determinan en el paisaje. En segundo lugar, la estructura morfolitogénica conserva de manera estable la energía y las sustancias que se presentan en el sustrato mineral. Para finalizar, la base morfolitogénica determina el esquema general de la distribución y la configuración de las corrientes y los canales dedicados al movimiento de los flujos laterales y radiales. Esta categoría de geoestructura es condicionada por el campo gravitatorio o geoestacionario, y responde al ciclo geológico de energía y materia.

La geoestructura hidroclimática es extremadamente móvil. Se forma de la combinación de la corriente hídrica y aérea con el sustrato lito genético. Se basa en los procesos termodinámicos e hidrodinámicos, subordinados al ciclo hidroclimático de la energía y la materia. En su composición comprende automáticamente los organismos vivos. Por esta geoestructura parcial se realiza la interacción entre un determinado paisaje y el paisaje circunstante, condicionando la regulación exógena del paisaje.

La geoestructura biopedogénica se forma por la combinación de los organismos vivos, plantas, animales y microorganismos y el material orgánico y mineral del suelo. Esta geoestructura se apoya esencialmente sobre micro corrientes radiales, relativamente cerradas, de materia y energía que representan la que podemos llamar circulación biológica. Estas micro corrientes conectan el paisaje interior, uniéndolo en una entidad independiente. Es este, por tanto, un geoestructura sumamente organizada y autorregulada, formada por la interacción de sus componentes internos. Es responsable de la

endoregulación o regulación interna del geosistema. Es condicionada por la circulación biótica y el ciclo biológico de energía y materia, en el que predominan los procesos bióticos asociados a la fotosíntesis de las plantas y a las cadenas tróficas de los animales.

La estructura, el funcionamiento y la evolución de un paisaje, son dadas de la combinación y de la articulación entre las tres mencionadas categorías de geoestructuras parciales. Dicha articulación varía de modo dependiente de la interrelación entre los factores zonales, azonales y evolutivos de la diferenciación geocológica. Los procesos y las fuerzas naturales engendran campos que determinan la regulación del funcionamiento de los sistemas naturales. Eso se manifiesta no sólo en el espacio físico, pero también en el tiempo. Cada uno de los geosistemas, surgen de diferentes niveles de la organización de la superficie terrestre, trabaja con diferentes frecuencias y en diferentes escalas temporales. La articulación entre las diferentes geoestructuras parciales permite entender la esencia del paisaje, en su carácter espacial y temporal.

De otra parte, las diferentes geoestructuras se caracterizan por diferentes mecanismos de integración y regulación de los paisajes. La combinación de estas geoestructuras determina así la unicidad del paisaje. Al mismo tiempo cada uno de ellas determina diferentes procesos naturales, muchas formas de organización paisajística y hasta muchas categorías de la estabilidad natural. En tal modo, la unicidad de los paisajes comprende de manera más comprensiva la propiedad de coherencia.

2.4.2. Estructura horizontal de los paisajes

La estructura horizontal de los paisajes es constituida por la integración espacial de los paisajes, del rango inferior al rango superior. Tal estructura se observa a través del análisis de la imagen del paisaje, que se define como el mosaico en planta de las unidades del paisaje.

La imagen del paisaje es definida monovalente si se compone de paisajes de un mismo rango y es polivalente si comprende unidad de diferentes rangos. En el estudio de la imagen un concepto fundamental es aquel de la delimitación

espacial de los paisajes, que es de ello la miembro elemental, puesto que identifica un área de la superficie terrenal que corresponde con un paisaje de un rango determinado. Estudiando la imagen del paisaje, es muy importante el estudio de sus particularidades geométricas, que soy el conjunto de las propiedades que comprenden las características geométricas de la imagen del paisaje.

Se distinguen las siguientes peculiaridades de la imagen y la estructura horizontal de los paisajes (Viktorov) 1986,:

a. - Composición de la estructura del paisaje: la mayoría de los índices relativos a la composición del paisaje estén en función de argumentos como el número y el área ocupada por los componentes; el volumen o área y cantidad de los contornos. Estas generalmente constituyen las características más simples, incluyendo las relaciones entre el área de los componentes de la imagen y el área del contorno del paisaje.

b. - Organización vectorial: está de acuerdo con las interacciones entre elementos laterales del paisaje. Estas interacciones se refieren al cambio de energía, materia e información interior al sistema. Hay una secuencia de procesos que garantizan la conservación del estado del paisaje. La organización vectorial emerge por las dinámicas de posición de los muchos elementos paisajísticos, de las estructuras paragenéticas de los paisajes zonales o la organización de los elementos dentro de una cuenca hidrográfica.

2.5. El potencial del paisaje

Cómo potencial del paisaje se entiende la capacidad productiva, informativa y regulativa de los paisajes según las propiedades que asumen en relación a los diferentes tipos de empleo, en acuerdo con las solicitudes de la sociedad. Es el modo en que los paisajes es capaz de satisfacer las demandas sociales.

En algunos casos también se habla de función del paisaje, concebida como la aptitud del paisaje por una actividad productiva, en acuerdo a su función sistémica. Este término es reduccionista, porque pone directamente en relación el potencial del paisaje a preguntas actuales, que tienen un valor económico

definido en el tiempo y en el espacio en que vivimos; sin considerar este término como propiedad sistémica del paisaje.

El potencial como categoría científica corresponde a los análisis de los recursos potenciales como sistema, dentro de un proceso histórico controlado por la capacidad tecnológica y el desarrollo socio-económico de la sociedad.

La principal ventaja del análisis del potencial del paisaje es el hecho de no permitir valoraciones sectoriales para el empleo del paisaje; además supera la concepción del paisaje como un espacio ilimitadamente explotable.

Los principales tipos de potenciales de los paisajes son:

Agrícola: capacidad del paisaje de producir materia orgánica en determinadas cantidades y de restablecer en cierto término la fertilidad del suelo.

Hídrico: capacidad del paisaje de transformar la humedad atmósfera, creando reservas de agua que pueden ser utilizadas por el hombre.

Constructivo: indica la presencia de áreas con características geotecnicas adecuadas por la construcción de viviendas, calles de comunicación, etc.

Recreativo: Condiciones naturales y culturales que tienen influencia positiva sobre el organismo humano y que garantizan el restablecimiento de las capacidades de trabajo de los seres humanos.

De regulación del equilibrio ecológico: propiedad del paisaje de preservar o restablecer el patrimonio genético, la biodiversidad y la estabilidad ecológica.

De autopurificación: capacidad del paisaje de transformar y descomponer ciertas sustancias de diferente origen (gas), aguas residuales, polvos, limitando su impacto dañino.

De recursos minerales y materias primas: capacidad del paisaje de acumular sustancias o portadores de energía, mineral, combustibles, materiales de construcción, para la sociedad.

El potencial del paisaje depende mucho de las relaciones sinérgicas, es decir las relaciones entre sus miembros, como de las relaciones con los paisajes

cercanos. Éste significa que el potencial es condicionado no sólo por las características locales, también padece la influencia regional.

El potencial del paisaje se distribuye de manera irregular en el espacio, es determinado al cambio de la estructura del paisaje.

Esta estructura puede ser polivalente, es decir apta por diferentes tipos de empleo, por ejemplo una llanura apta para la agricultura, la construcción, etc. o monofuncional, es decir apta para un solo tipo de uso.

El potencial también cambia con el tiempo, como resultado de los niveles de desarrollo de la sociedad y también del cambio de sus necesidades en relación al paisaje.

El potencial es pues definible como un "recurso" del paisaje, limitada por las condiciones de estabilidad y homeóstasis. Éste implica que el estudio de las propiedades de los paisajes pueda establecer una designación funcional clara, por ejemplo industrial, agrícola, forestal etc., o una designación polivalente con varias funciones, entre los que uno puede ser predominante mientras las restantes tienen un sentido subordinado.

La investigación de los potenciales del paisaje está sin duda un problema metodológico lo difícil. Una de las principales razones es la contradicción entre nuestros conocimientos sobre la complejidad de los atributos de estructura y la dinámica de los paisajes y la necesidad de contar con simples pero suficientes procedimientos metodológicos de valoración por la planificación y gestión del paisaje.

Los métodos de utilizar en la valoración del potencial del paisaje tienen que conformarse a objetivos, dimensión, precisión y tiempo de investigación.

Existen tres metodologías para afrontar la valoración del potencial de los paisajes y cada uno de ellas puede combinar muchos métodos por su determinación. Éste son:

- A través de la sumatoria de los potenciales parciales.
- A través del empleo de índices para componentes.

- A través del empleo de valores o índices globales.

Este trabajo, se concentra en el análisis del potencial agrícola del paisaje por ser la característica fundamental del territorio y ser el ejemplo apropiado para la aplicación del modelo de diagnóstico sobre el cual se profundiza .

2.6. Clasificación del paisaje

Todavía existe mucha ambigüedad sobre el concepto de paisaje y, existen diversos enfoques, desde los ecológicos, hasta los antropro-productivos y antroposistémicos. Son percepciones diversas entre considerar el paisaje como un específico nivel de organización de la vida, es decir como un sistema viviente y la de entenderlo como el soporte geográfico a las actividades humanas.

Comúnmente, los seres humanos han concebido el paisaje como un espacio natural que la sociedad transforma para producir, habitar, vivir y explicar la misma espiritualidad. En la primera mitad del siglo XX, predominaba la concepción de paisaje como una formación puramente natural. Sin embargo, actualmente se identifica como paisaje contemporáneo a una formación antropro-natural, un sistema espacial constituido por elementos naturales y antrópicos, con atributos sistémicos como: carácter, estructura, funcionamiento, estabilidad, dinámica y otros que son aceptados ampliamente.

El paisaje es un nivel de la organización biológica constituida por un sistema complejo de ecosistemas/ecocenotipos naturales y antrópicos interactivos. Como cada sistema biológico también el paisaje enseña una estructura harto compleja, formada por conjuntos funcionales bien definidos, como por ejemplo un parche de bosque o un curso de agua con su bosque de galería, tal como a nivel celular pueden ser las mitocondrias o el núcleo, en un contexto de sustratos variables en el espacio-tiempo, a nivel celular el citoplasma, a nivel de paisaje los elementos de la matriz.

El término mismo de "paisaje" ha sido objeto de muchas interpretaciones. De una concepción de paisaje como formación puramente natural, condicionadas por factores sólo naturales en interrelación dialéctica, propia de las ciencias ecológicas que alcanzaron un alto nivel de desarrollo a partir de la introducción

de parte de Tansley, (1936), del concepto de "ecosistema", hasta la concepción del paisaje contemporáneo como una formación antroponatural, como un sistema espacial constituido por elementos naturales y elementos de origen antrópico.

En el artículo 1 de la Convención europea del Paisaje (Florenca, 2000), el paisaje es considerado como un área identificable de la superficie terrestre, resultante de la acción e interacción entre factores naturales y/o humanos.

La interpretación del paisaje como una formación antroponatural, hace su aparición en la literatura científica de los años '60 del siglo XX, en publicaciones dedicadas a analizar a los componentes del geosistema (Bertrand, 1968), (Beroutchachvili y Bertrand, 1978).

La concepción sistémica considera que cualquiera diversidad de la realidad está en sí una unidad, un sistema, que se manifiesta a través de categorías sistémicas cuál: estructura, elementos o componentes, relaciones, intensidad y otras. De tal modo, un sistema es un conjunto energético-sustancial de componentes interrelacionados, distribuidos en el espacio de acuerdo a relaciones recíprocas directas o inversas. Es un complejo único, organizado, formado de la combinación de componentes o partes.

Entre los autores que han afrontado este tema, se destacan las conclusiones de Solntsev (1981) y Gallopin (1986, op. cit.), que concuerdan en indicar las fundamentales peculiaridades que un objeto sistémico tiene que tener: ser una formación integrada constituida por varios elementos; poseer un conjunto múltiple de interrelaciones entre estos elementos que garanticen su funcionamiento como un conjunto unitario; tener subordinación sistémica y manifestar calidades propias de un sistema.

El empleo de los Sistemas de Información Geográfica en el estudio de los paisajes permite de aplicar potentes instrumentos de análisis de sus propiedades que facilitan la percepción de los paisajes de los diferentes puntos de vista, que son necesarios para conseguir una visión compleja de los mismos.

La simple descripción de la emergencia visual, puede no expresar el paisaje en si o bien expresar solo una de sus fases temporales. Todo depende del punto de vista cultural del observador y de las finalidades con que conduce la observación.

Resulta natural la clasificación de los paisajes de acuerdo a su estado en el momento de la observación. Pero, la transformación de los paisajes obrada por el hombre se desarrolla al mismo tiempo, con velocidades muy diferentes de aquellas debidas a los originales ciclos de formación del paisaje. Lo que fue un cierto tipo de paisajes, hace 200 años, hoy puede ser completamente diferentes a causa de la influencia ejercida por las actividades humanas.

La planificación como proceso de organización de la gestión de los paisajes, son a largo plazo una actividad humana. La dinámica de los procesos de transformación consiguiente a la realización de las elecciones de planificación o que deriva de la respuesta del paisaje a las presiones sobre él, no concuerdan con la dinámica natural. Son dos tipos de fenómenos que se superponen con velocidades muy diferentes. Aquellos controlados por procesos naturales se realizan en ciclos de millones de años, mientras que los debidos a la acción antrópica tienen ciclos muchos más breves. Como resultante de ello, emergen una serie de respuestas del paisaje a esta disparidad. Esas respuestas serán acorde al impacto al que están sometidos, lo que a su vez, depende de la capacidad de soporte del paisaje.

Por tanto, desde otro punto de vista, también la clasificación de los paisajes puede considerarse como propiedades del sistema, por el reconocimiento de un invariante natural, estable en el breve término y caracterizado por una dinámica cíclica. Sobre este invariante, se puede interpretar la presencia de una serie de propiedades variables, de origen antrópico, que pueden observarse como señales externas y distintivas del paisaje, los que cambian velozmente, como efecto de la relación hombre-naturaleza.

Un sistema complejo, estudiado con instrumentos potentes, puede ser visto al mismo tiempo por diferentes puntos de vista. De una parte aquel que hace

referencia al estado actual, de la otra, el que considera potencialmente lo que ha sido o que pudiera ser.

En la presente investigación, se ha analizado como paisaje: una estructura compleja formada por componentes invariantes y componentes variables en el ciclo breve. Existen propiedades que mantienen su esencia después de la transformación "cultural" de los paisajes naturales.

Las variaciones de las propiedades que caracterizan a los componentes invariantes, se interpretan como indicativas de una pérdida de potencial del paisaje, la pérdida de una capacidad del sistema, que puede llegar a ser tan intensa que arribe al punto de no retorno en breve plazo, con lo que el paisaje cualitativamente, pasa a ser otro.

Los componentes variables del paisaje expresan el paisaje cultural, sean representados por elementos "relicticos" del paisaje natural original, o sean propiedades emergentes en las condiciones de funcionamiento de los paisajes seminaturales o antrópicos.

El paisaje en su complejidad es formado por dos tipos de propiedad, algunos expresan su potencial de cambio y otros su potencial de uso. Se definen valores potenciales del paisaje a los recursos ecológicos, los recursos económicos y los recursos culturales.

2.7. Empleo de los modelos en las investigaciones de paisajes

Actualmente los modelos constituyen un potente medio para conseguir el conocimiento. Permitiendo de combinar los principios del diseño de esquemas conceptuales con los de la integración sistémica, constituyen por tanto instrumentos insustituibles en la investigación de realidades complejas como son los paisajes.

El modelado de los paisajes permite analizar la estructura, el funcionamiento, la dinámica y el desarrollo, los procesos interiores y de interacción.

Se consideran las siguientes etapas del proceso de modelado:

la creación del modelo: verbal, gráfico, matemático etc.

la investigación del objeto de estudio, con la ayuda de diferentes operaciones a partir de los modelos, cartográficos, matemático etc.

la transposición de los conocimientos en los prototipos reales del modelo. Eso incluye una comparación entre el modelo y el objeto y la corrección del modelo por la práctica real.

Por consiguiente, los modelos respaldan y realizan las siguientes funciones:

Normativa: el modelo, se entiende como una idea o como una concepción, que permite de comparar las ideas científicas con la realidad.

Organizativa: el modelo es un programa de un experimento, un protocolo, que sirve justamente por la organización de cada proceso cognitivo.

De sistematización: el modelo reviste el papel de resultado, teniendo por tanto un papel en la explicación y en la comunicación.

Constructiva: ser la base por la elaboración de nuevos modelos.

Con referencia al grado de abstracción o a la forma de los resultados, los modelos se clasifican en:

- **Verbales:** son los modelos - imágenes, las definiciones, las leyes, las denominaciones de los paisajes.

Matrices: en cuyo se hacen concordar dos o más variables o factores.

Gráficos: diagramas de bloques, cartogramas, perfiles, gráficos de árbol, etc.

Matemáticos.

Los modelos de bloques, en relación a la composición de los elementos del sistema, se dividen en:

Monosistémicos: el papel fundamental es la composición de los elementos del sistema, en relación a la estructura vertical.

Polisistémicos o córicos: formado por los complejos de rango taxonómico inferior. La atención principal les es dada a las miembro horizontales de la organización espacial del paisaje.

En relación a la composición y al carácter de los elementos del sistema, se distinguen los siguientes tipos de modelos:

De objetos: compuestos por elementos naturales. Son los que representan los paisajes naturales.

De objeto - objeto: compuestos por elementos naturales y artificiales, es decir, los paisajes antropo - naturales.

De Individuo - Objeto: incluyen el hombre y sus actividades como centro del modelo, en sus relaciones con los paisajes naturales.

2.8. La Teoría de los Paisajes en la praxis del Desarrollo Local.

En la declaración de la ONU sobre el derecho al desarrollo (ONU, 1986), se reconoce que consiste en un proceso global, económico, social, cultural y político, que tiende al mejoramiento constante de toda la población y de todos los individuos.

A partir de esta declaración, se conforma una nueva dimensión sobre el desarrollo, el ser humano pasa a ser considerado como motor, a la vez que objeto del desarrollo. Se le atribuye la posibilidad y la necesidad de participar activamente en los procesos de ampliación de sus propias oportunidades en diferentes esferas: ingreso, conocimientos, vida prolongada, libertad, seguridad personal, participación comunitaria y derechos fundamentales (PNUD, 1990).

Independientemente de la globalidad de la época actual y de las influencias internacionales sobre cualquier proceso local, un desarrollo centrado en el hombre y las comunidades humanas, tiene que ser además, concebido como un proceso territorial, ya que en el territorio se establecen las relaciones básicas que generan el cambio.

El cambio en el concepto de desarrollo, es el resultado del fracaso de un modelo de crecimiento económico que no comprendía las expectativas humanas. El rechazo a los modelos racionales y cerrados, permite una comprensión de las múltiples alternativas potenciales que nacen de la diversidad y de identidad de las comunidades.

Se acepta la incertidumbre dentro de la complejidad de los procesos y estructuras de los sistemas sociales (Tomassini, 2000).

La experiencia ha demostrado que el desarrollo en sí es un proceso de activación y canalización de fuerzas sociales, de avances en la capacidad asociativa, en la creatividad, como emergencia social. Por esta razón, es un fenómeno de elevada complejidad, cuyo entendimiento requiere modelos mentales basados en otros paradigmas (Boisier, 1998).

Una de las principales proposiciones de la praxis del desarrollo, es entenderlo como una propiedad emergente de un sistema territorial dinámico, complejo, adaptativo y altamente sinergizado (Boisier, 2002). Esta propuesta implica la posibilidad y necesidad de desarrollo de las estructuras político-administrativa de menor tamaño. Bajo una visión global o nacional, la unidad local, es simple y el sistema de relaciones administrativas que la articulan verticalmente con las instancias superiores, solucionan la cuestión del desarrollo local.

Existen diversos niveles de abstracción de los sistemas, en los que se puede identificar un sistema simple, compuesto por un elemento que no interactúa con otros, sus propiedades, las posee como elemento único del sistema. Al empezar a interactuar diversos sistemas simples, se forman sistemas complejos. A esto se le conoce como complejidad emergente (Gershenson, 2001).

Pero el identificar a un sistema como simple es solo el resultado de la abstracción del observador, ya que ese objeto, posee otro nivel de complejidad que emerge de acuerdo a la escala en que se estudie. Se puede resumir que la complejidad de los procesos territoriales, tiene la propiedad de la "infinitud", pero al mismo tiempo posee también una propiedad contraria, la "infinitesimalidad".

El principal problema de la gestión del desarrollo se puede encontrar al realizar la lectura inversa propuesta en el párrafo anterior: los sistemas territoriales de menor escala, visualizados como objetos sencillos desde afuera, poseen una complejidad igual o mayor que el sistema del que forman parte si son observados a mayor escala.

Si los componentes funcionales locales, son solo nervios terminales que se adentran en el territorio, para hacerlo funcionar a través de flujos bidireccionales de información y recursos y no están articulados entre sí, no pueden ser capaces de hacer emerger en el territorio local, propiedades sistémicas como el desarrollo. Para ello sería necesario una organización horizontal, que respetando las estructuras verticales, aproveche las fortalezas de sistema para dinamizarlo.

Esta limitación está muy generalizada sobre todo en los países que más necesitan de un enfoque diferente, que permita a nivel local, activar las fuerzas endógenas. Se debe a la influencia de un factor histórico de concentración de los recursos económicos y socioculturales, que ha provocado la escasez de potenciales locales para el desarrollo, principalmente en lo que se considera el factor fundamental del desarrollo territorial, que es el capital humano (Boisier, 2002).

En Cuba, país con un subdesarrollo histórico, la concentración de los recursos económicos y el capital humano ha sido una necesidad durante el periodo revolucionario, para lograr cambiar las estructuras deformes de una economía de servidumbre ante las necesidades del capital estadounidense. El bloqueo a este pequeño país, ha provocado que su economía se rediseñara como una economía de resistencia, necesitada de supervivir y proteger a todo costo, los objetivos sociales por los cuales ocurrió la Revolución en 1959. En el complejo proceso de búsqueda de la equidad social, dentro de la difícil y casi imposible supervivencia, en Cuba se han creado una serie de premisas que potencian la posibilidad de un desarrollo local emergente:

- de acuerdo a la importancia del capital humano es de destacar ante todo el largo proceso de superación educacional a todos los niveles, que comenzó con la campaña de alfabetización y continuó con diversas experiencias hasta el proceso de universalización, en el que la formación de profesionales universitarios se ha convertido en una realidad en cada municipio del país.
- El rápido proceso de evolución de la universalización. Primeramente, a pesar de la difícil situación económica y la inversión de la estructura de ingresos

que llevó a que los profesionales tengan un bajo nivel de ingreso respecto a los que practican actividades económicas emergentes, la matrícula en las sedes municipales de las universidades crece constantemente. Este proceso, diseñado para dar la posibilidad de estudio universitario a los jóvenes de todo el país, creó un actor social en los diferentes municipios, que ha evolucionado de acuerdo a las diferentes percepciones locales.

- la experiencia desarrollada a partir de nuevas estructuras organizativas surgidas durante la crisis de los años noventa, como son los consejos de cuencas hidrográficas y las unidades de medio ambiente provinciales, ambas con representación municipal asociada a la gestión de gobierno.
- la creación de las oficinas municipales de proyectos, adjuntas a los gobiernos locales, que ha permitido organizar la búsqueda de financiamientos por proyectos de los gobiernos con una estrategia de desarrollo articulada.
- la incorporación de los programas de desarrollo humano local en los municipios, orientados a las necesidades básicas de financiamiento para objetivos sociales locales.

Todavía existen limitaciones como el predominio de los flujos verticales de movimiento de las informaciones y recursos. En el campo científico aún existen limitaciones fundamentales. A pesar de que en la mayor parte de los municipios cubanos se encuentran especialistas formados que trabajan por el desarrollo local, en el campo de la praxis científica, no se supera con la frecuencia necesaria la ortodoxia de los cuerpos teóricos disciplinares. En el campo de la Ciencia de los Paisajes, no se ha desarrollado la formación del nuevo conocimiento a partir de la realidad local, sino que predomina la derivación de las percepciones generalizadoras del sistema.

En un sistema local, las propiedades que no son visibles en un nivel de abstracción a mesoescala, pueden ser las emergencias fundamentales, aquellas a incorporar como aportes de la ciencia a la praxis del desarrollo en el municipio o la cuenca hidrográfica.

Para operacionalizar los procedimientos de las Ciencias de los Paisajes en las estrategias de desarrollo municipal, se debe partir de un modelo de desarrollo como propiedad del sistema local. El modelo que se asume en esta investigación, es el de Boisier (2002), que considera que el desarrollo puede ser interpretado como una emergencia sistémica del territorio, en la que los principales factores de desarrollo son:

- un conjunto de valores, como el subsistema que define el punto de partida. Valores universales y valores singulares, que son los que confieren una identidad.
- los actores, que son los portadores del desarrollo, tienen poder efectivo para incidir en el curso de los acontecimientos a partir de su protagonismo individual, colectivo, público o privado.
- La organización del territorio, el sistema de organizaciones públicas y privadas que forman las redes sociales y económicas y que están interconectadas de algún modo entre sí.
- los procedimientos, el conjunto de modalidades mediante el cual el gobierno local gobierna, administra, informa y posiciona en el entorno a su propio territorio.
- los recursos materiales con que se cuenta en el territorio, bienes materiales, presupuesto económico y posibilidades de acceso a recursos y de crear riqueza material.
- Por último y según Boisier, subsistema más importante, los recursos intangibles, formados por recursos humanos, sociales, cognitivos, simbólicos, culturales y otros, sin dejar de destacar dentro de ellos al recurso sinérgico.

Estos seis subsistemas forman el hexágono donde deben ocurrir los procesos sinápticos que hagan emerger el desarrollo en el territorio. Cada ciencia se incorpora al desarrollo a medida que crea capacidades de desarrollar sinergias cognitivas entre los diferentes campos disciplinares y la praxis del desarrollo. Este proceso, tiene un componente teórico y otro de actuación. La actuación se

centra en las capacidades de incorporarse a los procesos cotidianos de interacción de los factores de desarrollo. Lo teórico parte de las posibilidades con que se pueda en primer lugar reinterpretar el territorio como sistema complejo y sintetizar sus propiedades emergentes y en segundo lugar en la capacidad disciplinar de aportar a un nuevo conocimiento transdisciplinar, en el que se difuminen los límites entre los cuerpos teóricos y el conocimiento científico resultante porte un mensaje claro y preciso, tal vez con productos tecnológicos incorporados al interior del sistema territorial, siendo este incorporado a los procesos sinápticos.

En esta investigación, a partir de la existencia de un territorio bajo gestión integrada priorizada como es la cuenca del río Zaza, se pretende realizar aportes teóricos a la participación de las ciencias del paisaje en los procesos de desarrollo local, aplicando la teoría de las ciencias de los paisajes en la comprensión del territorio y la síntesis de indicadores que permitan extraer las propiedades emergentes del paisaje local, como unidad base de planificación en el territorio.

CAPÍTULO 3: Origen y características de los componentes

El análisis de los paisajes de la cuenca Zaza se ha referido en primer lugar a los componentes de su estructura vertical, como a continuación se indica.

3.1. Características de la geología y el relieve

Las características geomorfológicas actuales se derivan de imponentes movimientos horizontales debidos a la compresión de las rocas originales durante el periodo comprendido entre finales del Cretácico al Eoceno medio. A partir del Eoceno medio, predominaron los movimientos verticales (Iturralde) 1988; Hernández, et. al., 1989; Hernández, et. al., 1995. Tal afirmación explica la existencia de una gran variedad de secuencias rocosas intensamente plegadas, superpuestas y en parte mezcladas caóticamente. En la parte inferior de la cuenca, tales secuencias se encuentran sobreyacidas por depósitos más jóvenes (depósitos de cobertura).

De esta heterogeneidad litológica y por la influencia de los movimientos neotectónicos y de los agentes exógenos tropicales, se formaron las morfoestructuras y morfoesculturas que caracterizan el relieve actual (FIGURA 1).

En síntesis, las características geológicas y geomorfológicas de la diversidad físico - geográfica de la cuenca, son los partidarios:

1 - presencia, en la porción septentrional, de una imponente secuencia de rocas constituida por capas de yacencia superpuesta, en los que se alternan muchos complejos lito estructurales:

Margen Continental, representado por las secuencias de las formaciones Margarita, del Cretácico inferior berriasiano-valanginiano, compuesta por alternancia de calizas macizas y micro granulares; Paraíso, del Cretácico inferior hauteriviano-barremiano, formado por calizas micro granulares ligeramente arcillosas y Mata, del Cretácico inferior albiano al Cretácico superior cenomaniano, formada por caliza micro granulares y arcillas vidriadas Afloran en una faja este-oeste en el extremo Norte de la cuenca. Representa el bordo de la antigua plataforma continental de Bahamas, dentro de la Placa norteamericana.

Asociación ofiolítica, formada por una secuencia de rocas ígneas básicas y ultrabásicas, estas últimas serpentinizadas. En la base se localizan los cuerpos de serpentinitas ultrabásicas de edad Paleozoico indeterminado-Mesozoico. Sobre estas, la Formación Zurrupandilla, de edad Jurásica mediana a superior, formada por diabasas macizas y diques de diabasas. La parte superior de la asociación es representada por basaltos afíricos y porfíricos de edad Jurásico superior turoniano y los Gabro Las Villas, de edad Cretácico inferior neocomiano. Representan la corteza oceánica del mar marginal formada entre el Arco volcánico cubano y la Plataforma continental de las Bahamas, sobre la Placa norteamericana. Sus secuencias se hallan intercaladas con las de otros complejos lito estructurales, a veces forman amplias franjas con dirección Noroeste-Sudeste, otras veces afloran en pequeñas ventanas tectónicas alargadas en aquella misma dirección.

Cuencas interiores y marginales, a la base se localizan las secuencias de la Formación Veloz, del Jurásico Superior turoniano al Cretácico inferior barremiano, predominan las calizas micro granulares, formando las mayores afloraciones de este complejo, con direcciones parecidas a los complejos vecinos. Varía lateralmente a la Formación Constancia de la misma edad, compuesta por areniscas calcáreas, calizas arenáceas y calizas de otros tipos que representan otro medio de sedimentación del mismo período. Ambas son cubiertas por secuencias de la Formación Santa Teresa, de edad Cretácico inferior albiano al Cretácico superior cenomaniano, con silicitas y limonitas calcáreas y margas, que representa el medio de sedimentación predominante por un largo período en el mar marginal, donde arribaron sedimentos continentales y se mezclaron en muchas proporciones con los sedimentos marinos. La Formación Carmita de edad Cretácico superior cenomaniano-santoniano, que representa un cambio en las condiciones de sedimentación, está representada por intercalaciones de calizas y silicitas. Al final del Cretácico superior, durante el campaniano-maestrichtiano, se formaron calizas coralinas, de la Formación Carlota que expresan la transición a un medio nerfítico de un mar en extinción. Todas estas rocas se mezclan con las secuencias de otros complejos superpuestos.

Arco volcánico cubano, sus rocas representan el último acontecimiento volcánico ocurrido en Cuba Central, los representantes intrusivos tienen composición de granodioritas, cuarzo-dioritas y tonalitas, del Cretácico superior cenomaniano-campaniano, los representantes efusivos están formados por las lavas andesítico y andesito-basálticas de la Formación La Rana, del Cretácico superior coniaciano-santoniano. Las rocas ácidas intrusivas, representan el estadio final de desarrollo del arco volcánico Cretácico.

Cuencas superpuestas, en la base se localizan secuencias de brechas, conglomerados y calizas de la Formación Amaro, del Cretácico superior maestrichtiano, además, también están presentes las secuencias olistostrómicas, caótico, polimícticas de la Formación Taguasco, del Paleoceno-Eoceno inferior y medio, las brechas carbonáticas de la Formación Vega, del Paleoceno al Eoceno medio y el olistostroma policomponente, con bloques y fragmentos diferentes de la Formación Vega alta, de la misma edad. Estas secuencias representan medios de sedimentación marina, aislados o conectados, superpuestos a las estructuras en sobrecorrimiento durante el periodo del Cretácico maestrichtiano al Eoceno medio. Se caracterizan principalmente por su carácter terrígeno a causa de la presencia de aportes de los sedimentos provenientes de la erosión en territorios emergidos, con un carácter caótico por la intensidad de los procesos erosivos y denudativos y la vecindad entre las fuentes de suministros y el medio de sedimentación marino.

Todos estos complejos de diversos orígenes, actualmente desplazados, plegados y comprimidos en un ancho máximo de diez kilómetros, representan varios centenares de kilómetros de las estructuras paleo-geológicas cubanos. Su sobrecorrimiento y compresión durante el Cretácico superior maestrichtiano al Eoceno medio, fueron el proceso final de formación de la nueva corteza continental que actualmente es el substrato plegado de la plataforma cubana. El relieve predominante es de colinas en formas de cadenas, intercaladas con llanuras estructural-denudativas altas, onduladas o muy fuertemente onduladas.

2 - el predominio, en la porción central de la cuenca, de las afloraciones de rocas volcánicas y volcánico-sedimentarias, especialmente las efusivas y

efusivo-sedimentarias, pertenecientes al denominado "Arco volcánico cretácico". Es la zona antiguamente llamada "Zaza" cuyos depósitos yacen enterrados en determinadas áreas bajo sedimentos carbonato-terrágenos más jóvenes, pertenecientes a las cuencas de sedimentación sobrepuestas sobre el arco volcánico:

Arco volcánico cretácico, se presenta como una sucesión estructural de las rocas del complejo espilito-queratófido, las secuencias terrígenas y los cuerpos intrusivos. En primer lugar, y al sur de la parte central de la cuenca, la formación Mataguá, de edad Cretácico inferior aptiano-albiano, formado por basaltos, andesito-basaltos, andesitas y sus tobas. También afloran dentro de las secuencias de las cuencas sobrepuestas como ventanas erosivas en forma de colinas aisladas. La Formación Cabaiguán, del Cretácico inferior albiano, formada por tobas medianas y ligeramente ácidas, tobas, areniscas y otras rocas terrígenas en menor cantidad, la Formación Provincial, con calizas, margas, conglomerados y areniscas, de edad del Cretácico inferior albiano al Cretácico superior cenomaniano, representan un largo período de inactividad volcánica en la zona, la mencionada Formación La Rana, último representante del vulcanismo de Cuba Central y la Formación Hilario, del Cretácico superior campaniano, con tobas, zeolíticas, margas, calizas y areniscas, que representa la llegada de sedimentos vulcanógenos de fuentes lejanas y su acumulación con los predominantes sedimentos terrígenos

Al sur de los afloramientos de la Formación Mataguá, en la base de las secuencias del Arco volcánico y formando parte del Macizo montañoso, se encuentran muchos afloramientos de rocas anfíbolíticas, cuya formación es atribuida a partir del metamorfismo de las rocas de la base del arco volcánico durante el proceso de sobrecorrimiento sobre la Placa caribeña, el mismo proceso que golpeó las secuencias que forman el macizo metamórfico paleocontinental. Muchas de estas rocas no pueden ser atribuidas con precisión a uno o a otra estructura por el grado de transformación durante el metamorfismo regional. Los estudios de diferenciación de estas secuencias se han basado en la composición y las series minerales observadas y las

determinaciones de edades absolutas realizadas. En la base se encuentran anfibolitas normales sin biotita de grano fino, anfibolitas biotíticas, anfibolitas granatífero-moscovíticas, anfibolitas normales de grano grande y ultrabasitas serpentinizadas con intercalaciones de anfibolitas. Las edades oscilan del Jurásico superior hasta el Cretácico inferior. Al Norte de estas secuencias se localizan las rocas intrusivas ácidas de grano mediano de los granitoides de Manicaragua, formados por granodioritas, cuarzodioritas y tonalitas de edad Cretácico superior cenomaniano-campaniano.

Cuencas superpuestas, son representados por calizas, areniscas y conglomerados basales de la Formación Isabel del Cretácico superior maestrichtiano, al sur de estas rocas y en los bordes Norte de la afloración de este complejo, aflora la secuencia olistostrómica caótico polimíctica de la Formación Taguasco, de edad Paleoceno-Eoceno inferior y medio, en todo el centro y ocupando la mayor superficie de afloración de este complejo, se localizan las secuencias flyschoides de areniscas, margas y otras rocas terrígenas de la formación Zaza, de edad Eoceno inferior y medio. Hacia el centro oriental, aflora una alternancia de brechas, calizas, marga y conglomerados de la Formación Siguaney de edad Eoceno inferior y medio que transita lateralmente a la formación Zaza.

Sobre estas secuencias rocosas predominan extensas llanuras de génesis denudativa, modelados directamente sobre el sustrato plegado y las cuencas superpuestas. Estas llanuras son interrumpidas por colinas aisladas, en grupos, o en morfoalineamientos de dirección NW que siguen el plano morfoestructural general y que reflejan las consiguientes etapas de aplanamiento en las que actuó la erosión diferencial (Domínguez, 1991,a, op.cit; 1996,b, op.cit.), simultáneamente con la actividad neotectónica.

Las actuales superficies denudativas son jóvenes, pero conservan la herencia morfoestructural de los anteriores procesos tectónicos que originaron el zócalo plegado.

Costeando por el Norte a las montañas de Guamuhaya y hasta la ciudad de Sancti Spíritus, afloran las rocas intrusivas ácidas

3 - La presencia de las rocas metamórficas asociada con el macizo de Guamuha, en la porción sur occidental de la cuenca como parte del mayor sistema montañoso del centro de Cuba:

Secuencias metamórficas del arco volcánico, descritas ya.

Macizo Palecontinental caribeño, representa una secuencia de rocas de corteza continental sobre la Placa caribeña. Durante el período de compresión del Cretácico superior maestrichtiano al Eoceno medio, fueron afectadas por el sobrecorrimiento de las secuencias del arco volcánico, sufriendo un metamorfismo regional de la facie esquistos verdes. La intensidad del proceso disminuye con la profundidad, fenómeno denominado metamorfismo invertido, de modo que a partir de la erosión de los niveles de base, las rocas con mayor grado de metamorfismo se localizan en los bordes de la estructura montañosas; mientras en el centro el metamorfismo es de tipo sericítico-pumpellítico, hacia los bordes se presentan en primer lugar las secuencias principales de los series esquistos verdes y evidencias de metamorfismo regional de la serie de esquistos glaucofánicos. Las secuencias del arco volcánico se intercalan con las de origen continental, en forma de escamas tectónicas, restantes de procesos erosivos distintos. Las secuencias del paleocontinente, tiende a indicar una serie antigua de tipo Tríada de Evans: sedimentos continentales y marinos evaporíticos, en los que se intercalan metavulcanitas antiguas.

4 - La diferenciación actual de estas litologías es muy difícil por el metamorfismo que las afectó. Las edades determinadas van del Paleozoico, hasta el Jurásico superior oxfordiano. De modo general en los esquistos metaterrígenos y metavulcanógenos, son típicas las formas del relieve asociadas con la erosión fluvial, surcos, cárcavas, barrancos, las que alcanzan tamaños notables gracias a la degradación de las rocas, las fuertes inclinaciones y las condiciones pluviométricas propias de las montañas. Esto hace que la disección horizontal supere frecuentemente los 4,5 Km./km². Durante el Mioceno superior se originaron fuertes movimientos verticales que levantaron el sistema como una gran cúpula, fragmentando las secuencias rocosas en una multitud de pequeños bloques, los que sufrieron desplazamientos verticales diferenciados. A pesar de

eso, forman hoy dos grandes conjuntos: el macizo de Trinidad y el de Sancti Spíritus, separados por la depresión del río Agabama. Al interior de las montañas, se encuentran depresiones estructural-fluviales como la del río Yayabo, cuyo fondo es constituido por llanos fluviales de erosión ondulados y sus pendientes presentan evidencias de la influencia del Carso en su evolución. De este modo, el modelado del relieve de las montañas se ha ocasionado bajo un fuerte control estructural y se ha caracterizado por el amplio desarrollo de los morfoesculturas cársicas, de erosión y fluviales, sobre las morfoestructuras de bloques.

5 - la amplia difusión de las rocas de la neoplataforma cubana, acumuladas sobre el sustrato plegado, entre el Eoceno superior y el Holoceno, en condiciones marinas o continentales:

Estos depósitos homogenizaron la complejidad litológica del zócalo y cubren hoy el sector inferior de la cuenca, donde los movimientos neotectónicos isostáticos, permitieron la acumulación de dichas secuencias, que afloran en forma de cinturones o bandas paralelas, disminuyendo en edad del centro-sur de la cuenca, Oligoceno, hasta el delta del Zaza, Holoceno.

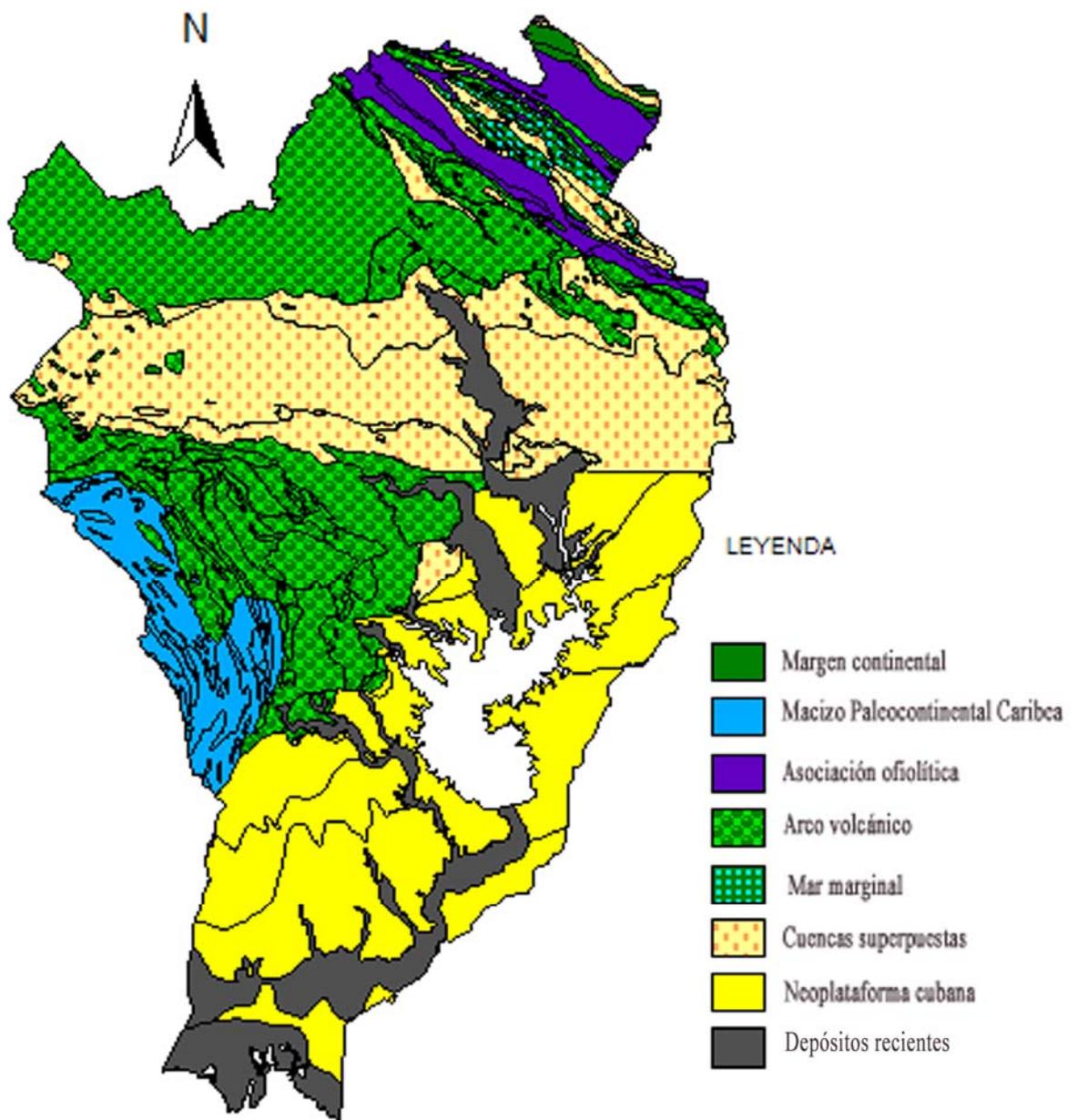


Fig.1: Carta geológica de la cuenca Zaza. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866.

El relieve de esta cobertura sedimentaria (FIGURA 2), forma llanuras escalonadas por el nivel del mar, hasta acerca de 100 m en el interior (pasando a superficies denudativas a mayor altitud). El escalonamiento es consecuencia de la discontinuidad de los movimientos neotectónicos, con alternancia de las etapas de ascenso y disección, con las etapas de estabilidad y aplanamiento (Díaz) et. al., 1990,op.cit.).

Las llanuras fluviales se han desarrollado epigenéticamente (Díaz) et. al., 1990, op. cit.), y se asocian mucho a la cobertura continental - donde se encuentran sus niveles inferiores que se han formado a partir de superficies de génesis marino - como a las estructuras del sustrato plegado, donde aparecen los niveles superiores, formados a partir de superficies de génesis denudativa (Domínguez) 1991,a, op.cit.). se distribuyen por los ríos principales: Zaza y sus tributarios más importantes, como son Caunao, Taguasco, Calabazas, Tuinucú, Yayabo y Cayajaná.

Es notable la diferencia entre los niveles superiores e inferiores de los planos fluviales:

En los niveles superiores, parte alta y media de la cuenca, los planos fluviales presentan un fuerte contraste entre el área del plano de inundación antigua y el resto de la llanura fluvial. En el primero, los depósitos son consolidados, generalmente las inclinaciones son inferiores al 30%, la densidad de los cursos fluviales es muy débil, 0.3 - 1 km/km² y se distinguen hasta dos niveles de terrazas; éste es típico del río Zaza y de sus afluentes: Calabazas, Tuinucú y Yayabo.

El resto de la llanura fluvial es caracterizado por la presencia de varios niveles de terrazas de erosión, que se reflejan en el relieve como colinas aplanadas o fuertemente onduladas. Este sector se formó donde la densidad de los arroyos es superior, a causa de la inclinación de la superficie denudativa. Por tanto, son comunes las inclinaciones entre 8 y 15% y la densidad de los cursos fluviales se acerca a los 4,5 Km./Km². Los arroyos aparecen intensamente encajados en los depósitos aluviales, hasta más de 15 m, y en sus márgenes se están formando nuevos niveles de terrazas de acumulación.

Los niveles inferiores de las llanuras fluviales, se encuentran a altitudes incluidas entre 5 y 80 m, sobre depósitos aluviales sueltos de gran espesor. Contienen dos o tres niveles de terrazas de acumulación, con inclinaciones generalmente inferiores a 10% y muy escasa disección, separada por leves escarpaduras.

La profundidad de los cauces, no supera los 5 metros, en la mayoría de los casos.

Como se aprecia, el carácter de los depósitos y la posición geomorfológica, ha determinado una gran variedad de tipos de llanuras, especialmente durante la fase Pliocénico-cuaternaria.

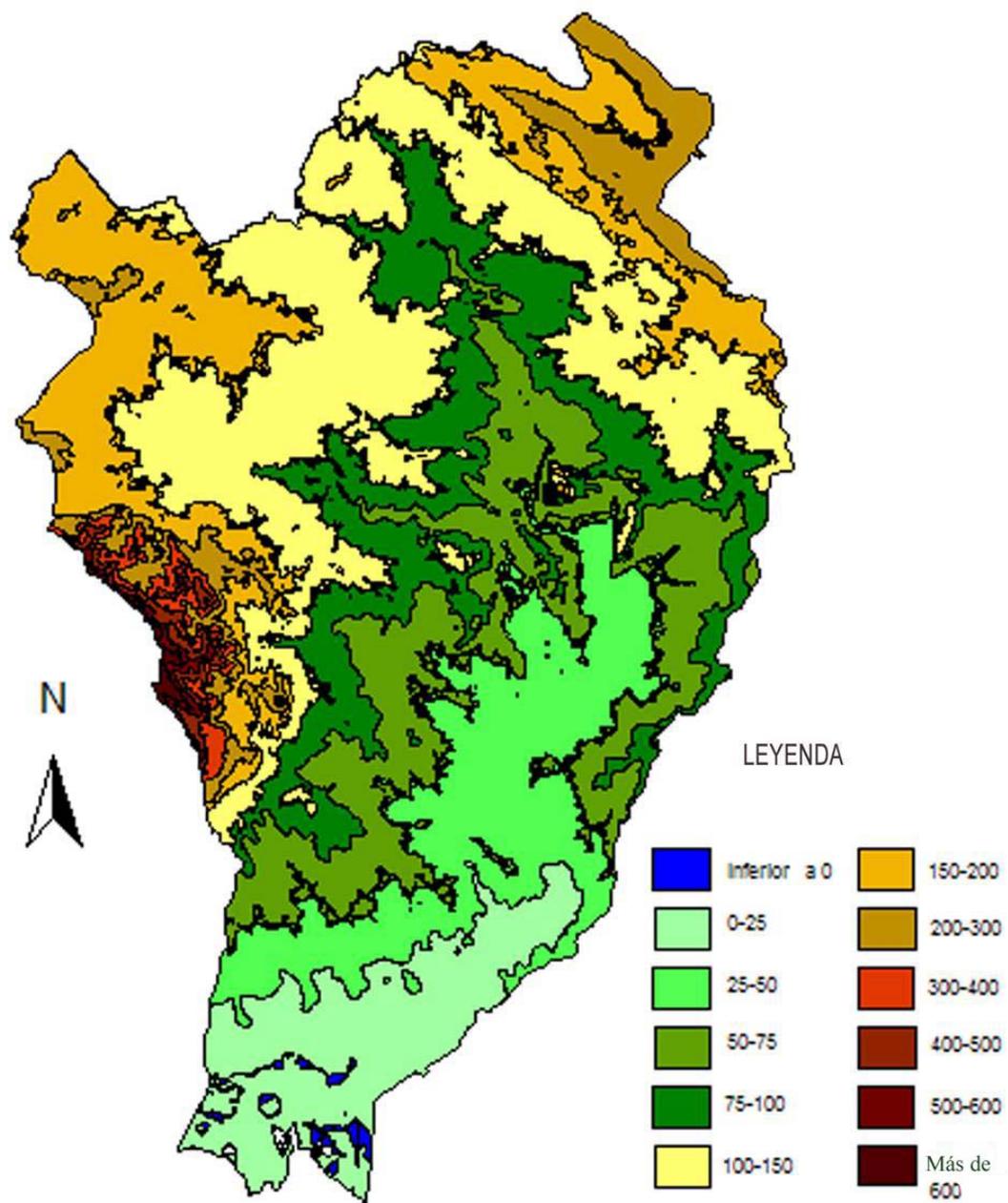


Fig.2: Carta altimétrica de la cuenca Zaza. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866. Cuba Norte.

3.2. Características hidro-climáticas

El elemento más variable en el clima de la Cuenca Zaza es el constituido por las precipitaciones (FIGURA 3), distinguiendo dos estaciones fundamentales: una lluviosa, de mayo a octubre y otra poco lluviosa, de noviembre a abril. En el período lluvioso se registra el 82% de las precipitaciones totales, mientras el restante 18% es distribuido en la estación algo lluviosa. La irregularidad y estacionalidad de las precipitaciones en la cuenca se debe al sistema general de circulación de los vientos, a los contrastes topográficos (lluvias orográficas), y a la irregularidad en el calentamiento de la superficie terrestre. El volumen total de las precipitaciones es de 1428 mm.

Los meses de mayores y menor acumulados de lluvias en la cuenca concuerdan con los de la provincia, es decir junio-septiembre como más lluvioso y diciembre-enero como menos lluvioso. Los mayores volúmenes de lluvia en la cuenca son asociados a algunos de los fenómenos meteorológicos más importantes para Cuba: huracanes, frentes fríos, hondonadas tropicales o tienen su origen en el calentamiento diurno, casi siempre en horas de la tarde en forma de episodios de breve duración. En presencia de huracanes o de depresiones tropicales, pueden producirse períodos de lluvias fuertes, sobre todo en los meses de mayo - junio y septiembre - octubre.

El período lluvioso es dominado por el anticiclón Subtropical del Atlántico norte el que se aleja hacia el Norte y se expande, controlando el tiempo sobre el área con vientos predominantes del Este, con un aumento de las temperaturas y las precipitaciones; además, es caracterizado por la presencia de una zona de depresiones tropicales al final de mayo o principios de junio, que puede o no presentarse, y que es capaz de ocasionar lluvias intensas.

También en este período las hondonadas tropicales se asocian con depresiones frías, provocando gran parte de las Tormentas Locales Severas (TLS) y de las precipitaciones anuales, que se pueden presentar en años afectados o no de huracanes. Los huracanes son el fenómeno meteorológico más destructivo de los trópicos. La combinación de vientos fuerte, lluvias intensas persistentes en la misma área por varias horas, hasta días, implica la destrucción de numerosas

construcciones y la posibilidad, casi cierta, de inundaciones a causa de las marejadas con consiguiente penetración del mar debida a los fuertes vientos que acompañan las precipitaciones, (Lecha et al. 1987). Al Suroeste de la cuenca, en las montañas de Sancti Spíritus, del macizo Guamuahaya, los valores de las precipitaciones superan la media provincial.

En la cuenca se ha averiguado un comportamiento característico de variación anual de las precipitaciones mensuales. La variabilidad no se reporta gráficamente por la aparición de picos e inflexiones, es decir no es frecuente la alternancia de un mes lluvioso con un menos lluvioso y viceversa, lo que podría denominarse como variabilidad intermensual, pero se manifiesta por una regularidad de agrupación cronológica de los meses con precipitaciones parecidas, separadas por otros grupos de meses, de saltos, cuyo tamaño es superior a las diferencias interiores de los grupos.

En una primera aproximación se distinguen dos grupos de meses con atributos particulares: de mayo a octubre (G1), dentro del que en todos los meses las precipitaciones son abundantes y se encuentran por encima de los 150 mm con una variabilidad de unos 30 mm; de noviembre a abril (G2), dentro del que en todos los meses las precipitaciones se encuentran debajo de los 75 mm con una variabilidad de 15 mm, más o menos. Ambos grupos, caracterizan la que podría ser denominada como variabilidad estacional.

Para el período noviembre-abril, la variación mensual es monótona; en los otros meses es intermitente, formando dos grupos intraestacionales, uno de mayo a junio y el otro de julio a octubre.

Con la información derivada de 14 estaciones, 4 climatológicas y 10 hidroclimatológicas, se ha realizado el cálculo del Coeficiente de aridez (K) mensual y anual; por cada uno de aquellas estaciones (Ceballos, 2003), se calculó el comportamiento del período seco por cada estación (TABLA 1). Se elaboraron posteriormente los mapas de humedad y duración del período seco.

Tabla 1: Condiciones de humedad media mensual y anual, en las estaciones analizadas (Ceballos, 2003).

Estaciones Seleccionadas	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Anual
Presa Lebrije	0,44	0,56	0,51	0,56	2,02	3,09	1,52	1,74	2,52	2,03	0,95	0,28	1,35
Jatibonico del Sur	0,36	0,54	0,44	0,42	2,07	3,17	1,78	2,15	2,85	2,63	0,58	0,17	1,4
Pojabo	0,34	0,47	0,43	0,44	1,61	3,02	1,96	2,29	3,28	2,24	0,59	0,26	1,35
Paso Ventura	0,45	0,57	0,51	0,66	2,07	3,76	2,07	2,28	3,1	2,78	1,06	0,34	1,6
Presa Zaza	0,37	0,61	0,49	0,49	2,17	2,91	1,88	2,43	3,41	2,01	0,74	0,26	1,46
Ciudad S.Spíritus	0,38	0,59	0,57	0,55	2,89	2,81	2,0	2,76	3,62	2,77	0,95	0,95	1,59
Trinidad	0,31	0,36	0,34	0,33	1,78	1,16	1,05	1,39	1,98	1,25	0,58	0,23	0,88
El Jíbaro	0,33	0,46	0,36	0,65	2,05	2,21	2,02	2,22	3,22	2,1	0,7	0,31	1,34
Alto Jobo	1,01	0,82	1,0	0,9	3,34	3,22	2,27	2,77	3,81	2,62	2,31	0,87	2,04
Top. de Collan	1,48	1,46	1,02	1,53	5,53	5,16	2,89	3,69	6,61	4,9	3,08	1,06	3,15
Caibarién	0,43	0,53	0,61	0,72	1,71	1,79	0,97	1,57	1,75	2,75	1,18	0,44	1,22
C.Cfgos(Falla)	0,44	0,58	0,63	0,48	2,3	2,35	1,19	1,67	2,35	2,81	1,25	0,41	1,49
Venezuela	0,28	0,32	0,36	0,38	1,54	2,58	1,42	1,8	2,2	2,06	0,66	0,19	0,97
Júcaro	0,34	0,45	0,32	0,29	1,62	2,15	1,29	1,54	2,43	1,91	0,52	0,29	1,1

Los resultados conseguidos, han permitido clasificar el comportamiento espacial de la humedad en el territorio, en cuatro categorías (Ceballos, 2003):

- Insuficiente----- K <1.0
- Moderado-----K = 1.0 - 1.4
- Suficiente-----K = 1.4 - 1.7

- Abundante----- $K > 1.7$

Por el comportamiento del indicador se puede establecer el carácter de la sequía:

Intensa----- cuando $K < 0.5$

Moderada-----cuando $K = 0.5 - 1.0$

Débil----- cuando $K > 1.0$

Puede interpretarse que en los meses en que el valor es inferior a 0.5, hay sequía. La existencia de meses secos es un indicador de las condiciones climáticas más representativas respecto al cálculo anual de las precipitaciones acumuladas, puesto que el régimen de las precipitaciones en Cuba es definido por acontecimientos torrenciales concentrados en períodos limitados. Por tanto no es un indicador de las condiciones en que se desarrollan los cultivos. Por las características generales de la vegetación y los cultivos cubanos, la acumulación de más de 3 meses de sequía, indica aridez. De uno a 3 meses de sequía, indica clima medianamente húmedo y la no presencia de condiciones de sequía durante el año, indica un clima húmedo.

La variación diurna de la temperatura generalmente es alta. Es determinada por las variaciones de la presión, del viento, de la humedad, de la nubosidad y de la lluvia.

En la cuenca del río Zaza, las temperaturas generalmente son altas. Los valores medios anuales van de los $24,3^{\circ} \text{C}$ en los llanos interiores hasta 26°C y más en la costa. La estación de noviembre a abril es menos caliente. Las temperaturas máximas y mínimas absolutas registradas por la estación de Sancti Spiritus son de 36.6°C del 15 de agosto del 1993 y 4.8°C del 14 de enero del 1981, respectivamente. Como es típico de los climas tropicales, la variación diaria de la temperatura en la cuenca es mayor de aquel anual, Ceballos, 2003.

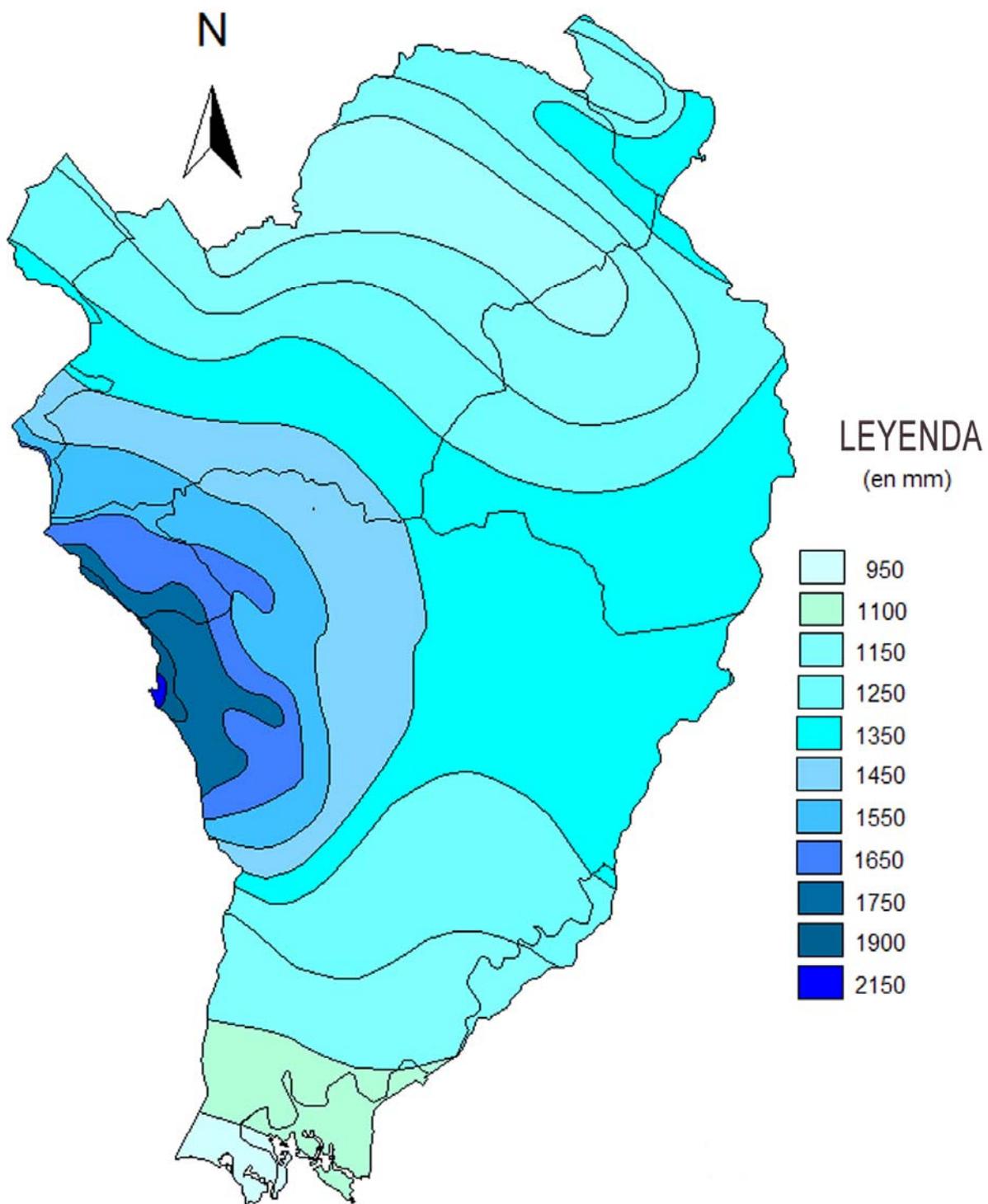


Fig.3: Carta de precipitaciones medias anuales en la cuenca Zaza. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866.

La variación anual de las temperaturas máximas y mínimas medias y la temperatura mediana concuerda con el comportamiento de este en todo el país. Los valores inferiores se averiguan en los meses del período algo lluvioso, siendo más bajos en enero y febrero, con medias entre 16.5 y 17.0° C, respectivamente.

La temperatura mínima absoluta anual, con una probabilidad del acontecimiento del 95% es de 10 a 12° C. Durante el período lluvioso se ocasiona un aumento significativo de las temperaturas media, alcanzando fundamentalmente valores que superan los 26° C, en julio y agosto; en estos meses se ocasiona una máxima calefacción de la cuenca.

Los valores de temperatura máxima media superan los 31° C, valor muy parecido a casi todos los datos registrados dentro de la provincia (interior); la temperatura máxima absoluta anual, con una probabilidad de un 95% es de 33.0° C.

El comportamiento de la temperatura mínima presenta las mismas características, pero se comporta de modo más homogéneo en los cuatro meses centrales del período lluvioso. Los menores valores registrados de la temperatura máxima como de la mínima están en el mes de enero, comportamiento este muy característico de todo el territorio de la cuenca. El valor de la temperatura mínima media mensual más baja corresponde a los meses de enero y febrero con 16.6° C.

La distribución mensual de la humedad relativa del aire, está en función de la influencia marítima y la interacción entre la circulación atmosférica, el relieve del territorio y la distribución del régimen de precipitaciones. También es determinada por el efecto local que ejercen algunos factores en determinadas zonas como la presencia de grandes embalses artificiales y la existencia de ciénagas y ríos.

La humedad relativa es alta en la cuenca, con medianas vecinas a las 80%. Los máximos diarios, generalmente superiores al 90% ocurren al alba, mientras los

mínimos bajan al mediodía, hasta el 50 y 60% en las áreas interiores del territorio. Las zonas más húmedas son las regiones centrales, junto a los principales núcleos convectivos que se desarrollan en las secciones montañosas de los relieves de Sancti Spiritus pertenecientes a la cuenca del río Zaza.

Los valores de humedades más bajas se localizan al sur de la cuenca, también en el período húmedo. Predominan condiciones bioclimáticas extremas de calor sofocante con una interrelación creciente entre humedad-temperatura-viento. Hacia el interior la humedad relativa aumenta. También aumentan en la misma proporción, las condiciones favorables para el desarrollo de fenómenos convectivos por el calentamiento de las superficies terrestres y las aguas superficiales. El comportamiento anual muestra una humedad elevada en los meses que van de mayo hasta noviembre con un máximo en el mes de septiembre, todo esto relacionado con los acontecimientos meteorológicos del período lluvioso y con los meses de transición entre verano e invierno y en los principios del invierno.

Predomina la influencia de los vientos alisios que inciden en la cuenca con dirección predominante entre el Norte y el Este. La máxima intensidad de los vientos se registra en el mes de marzo.

La mayor incidencia de los vientos con dirección meridional se manifiesta principalmente en marzo con el 11.9%; éste son producidos principalmente por la combinación de las altas presiones oceánicas con los sistemas de bajas presiones en las latitudes medias que transitan por la porción meridional de los Estados Unidos y el Golfo de México.

Los vientos con dirección de Norte a Nordeste, se intercalan durante todo el año con máximos en noviembre, diciembre y enero, provocando la disminución de las temperaturas.

La velocidad promedio de los vientos oscila entre 5 y 7 Km. /h con dirección predominante de Este, principalmente durante los meses de abril a octubre

Las mayores velocidades son de los vientos de Norte-Norte-este, Norte-este y Sur en los meses de enero, febrero y marzo con valores entre 11 y 13 km. /h y las menores velocidades son aquellos de Este, fundamentalmente en los meses de agosto, septiembre y octubre con valores que oscilan entre los 5 y 8 km. /h. En general, la velocidad del viento es menor en el centro de la cuenca con respecto a la costa, provocando que los valores de evaporación se comporten del mismo modo y por consiguiente,, influyendo en que las zonas bajas de la costa de la cuenca sean más secas que aquellos más elevadas hacia el interior.

El régimen de radiación solar es uno de los factores más importantes del clima y, en amplia medida, los flujos de radiación influyen las condiciones climáticas de los ecosistemas de la región. La insolación acumulativa anual está alrededor de las 2700 horas, con una media diaria anual de insolación de 7.4 horas por día (h/d), aunque pueda llegar a alcanzar hasta 2900 horas, característica esta, propia de las zonas costeras.

Las regiones de mayor insolación anual se encuentran en la costa, los mínimos anuales hacia el interior, donde se recibe un 20% menos de luz solar, sin embargo el valor es suficientemente alto para permitir el empleo energético de la radiación solar.

En su evolución anual, y según los valores de la estación de Sancti Spiritus, el mes de abril alcanza la media mensual más alta con un valor de 8.5 h/d.

La cuenca del río Zaza, dentro de la provincia de Sancti Spiritus, tiene una extensión de 2016 km², un perímetro de 277 Km. y una red fluvial de 2099 km. La disección horizontal es de 1,04 Km. de red fluvial por Km² de superficie (FIGURA 4).

Posee 24 cuencas de segundo orden, con áreas variables desde los 7,5 km² de la cuenca del río Palmas, hasta los 374 km² de la cuenca Tuinucú. Los perímetros varían de 11,22 Km. de la cuenca del río Naranjo, hasta los 117,7 Km. de la cuenca Tuinucú (TABLA 2).

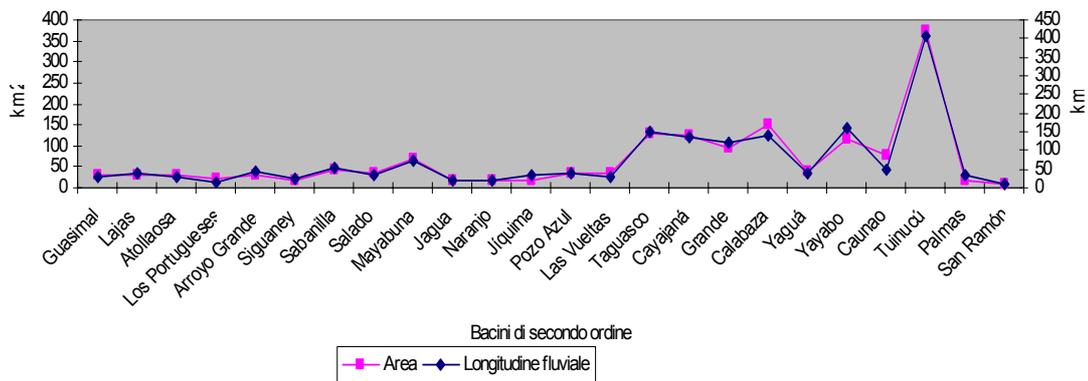


Fig. 4: Área y longitud fluvial por subcuencas de segundo orden de la cuenca Zaza.

La disección horizontal, es la cantidad de kilómetros de largo fluvial con respecto del área de la cuenca. Puede interpretarse como un indicador del grado de influencia de los procesos fluviales en la formación del relieve. Para las diferentes cuencas, varía de los

Tabla 2: Sistema di subcuencas de la cuenca Zaza.

Subcuencas	Area	Perímetro	Longitud fluvial	Disección horizontal	Índice de compacidad
Guasimal	29,35	30,32	27,06	0,92197615	0,36660917
Lajas	28,39	26,19	37,22	1,31102501	0,27881927
Atollaosa	31,69	25,06	29,86	0,94225308	0,20369954
Los Portugueses	23,47	28,17	14,02	0,59735833	0,39036961
Arroyo Grande	29,57	21,98	41,41	1,40040582	0,1230095
Siguaney	17,92	19,61	22,27	1,24274554	0,23477646
Sabanilla	41,08	28,40	53,44	1,30087634	0,19999299
Salado	36,35	30,81	34,43	0,94718019	0,3063228
Mayabuna	68,07	51,65	71,98	1,05744087	0,43375489
Jagua	15,07	18,74	17,7	1,17451891	0,26568237
Naranjo	16,36	18,47	17,82	1,08924205	0,22371415
Jíquima	18,38	22,32	33,39	1,81664853	0,31911232

Pozo Azul	34,77	33,39	38,33	1,10238712	0,37398774
Las Vueltas	33,96	33,82	30,9	0,90989399	0,38918858
Taguasco	130,1	63,36	148,1	1,13835511	0,3618535
Cayajaná	123,4	66,20	136,3	1,10453809	0,40516501
Grande	95,31	45,56	120,7	1,26639387	0,24040441
Calabaza	151,1	82,38	139	0,91992058	0,47105885
Yaguá	39	39,16	40,42	1,03641026	0,43469017
Yayabo	115,7	63,33	158	1,36560069	0,39792013
Caunao	79,35	68,79	48,92	0,61650914	0,54096577
Tuinucú	373,9	117,70	408,3	1,09200321	0,41763109
Palmas	17,51	24,36	32,48	1,85494003	0,39107654
San Ramón	7,575	11,22	7,786	1,02785479	0,13044837
Bacino Zaza	2016	277,00	2099	1,04117063	0,42540425

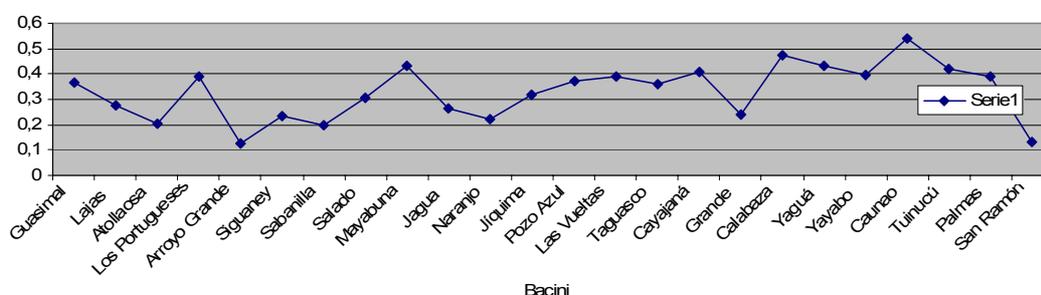


Fig.5: Índice de compacidad para las subcuencas de la cuenca Zaza.

0,59 kilómetros de red fluvial por kilómetros cuadrados de superficie de la cuenca Los Portugueses, hasta los 1,85 de la cuenca del río Palmas.

El índice de compacidad (IC), representa con un valor unitario, la relación entre el área y el perímetro (FIGURA 5). El valor de 1 indica una elevada área con respecto del perímetro, justo de figuras con forma cercana a la circunferencia o el cuadrado. Los valores más cercanos a cero, indican la existencia de un mayor perímetro por el área fecha. La aplicación de este indicador a la morfología de las cuencas fluviales indica la influencia de los procesos fluviales en la

formación del relieve. Las cuencas con alto valor de compacidad, tienen mayor influencia fluvial. La presencia de un índice bajo, se interpreta como una cuenca donde existen factores tectónicos o litológicos que tienen mayor influencia en la formación del relieve que el factor fluvial.

3.3. Características de los suelos y los componentes bióticos

La clasificación de los suelos de Cuba es el resultado de largos años de estudios sobre los suelos del país, comenzados con la aplicación de clasificaciones norteamericanas en la década de 1920-1930. Después de profundos estudios que llegaron a realizar la cartografía de los suelos cubanos a escala 1:25 000, se ha demostrado que las clasificaciones utilizadas en el mundo, preferiblemente por suelos de zonas templadas, no son las mejores soluciones a aplicar en zonas tropicales.

Los cartógrafos de suelos cubanos, han realizado la correlación de los suelos de Cuba con muchas clasificaciones mundiales. Por ejemplo, con la Séptima aproximación del sistema de clasificación estadounidense que se basa en las clasificaciones morfológicas de la escuela norteamericana y comprende los suelos tropicales a partir de la vasta experiencia de los cartógrafos norteamericanos con suelos cubanos. Además, con la clasificación de los suelos de la FAO y con el World Reference Base (WRB) que es la primera clasificación mundial que comprende la zonificación climática del planeta dentro de su taxonomía.

Dadas las limitaciones de las otras clasificaciones existentes, para explicar las características de los suelos cubanos se ha decidido utilizar la clasificación de los suelos de Cuba; en efecto, el WRB no reconoce algunos subtipos de suelos presentes en el área de estudio.

Los suelos ferralíticos, están poco representados. El tipo ferralítico rojo se localiza al Norte de la cuenca, en la sub-cuenca del río Caunao, en colinas de 200 a 300 m s.n.m.m. sobre sedimentos redepositados y brechas, con pendientes inferiores al 2%. También en las partes altas montañosas de las cuencas de segundo orden: Tuinucú, Yayabo y Cayajaná, sobre esquistos metaterrígenos, cuarzo-moscovíticos, con pendientes del 4 al 25% y niveles

altimétricos superiores a 400 m s.n.m.m. En zonas llanas se observan sobre depósitos recientes, asociados a otros tipos de suelos ferralíticos cerca de la desembocadura de la cuenca. Los otros tipos, se agrupan en pequeñas áreas, con variaciones laterales en los tipos y subtipos: en el llano central, sobre los anfibolíticos, y en la parte baja de la cuenca sobre sedimentos de origen fluvial. En esta zona son evidentes redepósitos procedentes de Guamuhaya, que presentan un alto porcentaje de cuarzo.

Los suelos fersialíticos tienen una mayor distribución. En el Norte de la cuenca se presentan como tipo rojo-parduzco ferromagnésico en fajas alargadas sobre las serpentinas en las llanuras altas onduladas. Sobre las colinas alineadas con altitudes de 200 a 300 m s.n.m.m., sobre las calizas y otras rocas calcáreas, se presentan suelos tipo Fersialítico pardo rojizo. Los suelos ferromagnésicos sobre serpentinas están presentes en la llanura central. Los suelos Fersialíticos pardo rojizos, en esta llanura, se observan entre los 75 y los 150 m s.n.m.m., sobre rocas terrígeno carbonatadas.

Los suelos Pardo ocupan la mayor parte de la cuenca, principalmente en los llanos, sobre rocas terrígenas y volcánicas.

Los suelos Húmicos calcimórficos, se localizan sobre las zonas cársicas, donde se desarrollaron los bosques. Se alternan con los suelos ferralíticos, presentes donde el derrubio de los suelos ha sido más fuerte o sobre redeposiciones de materiales procedentes de las montañas, como por ejemplo en las zonas costeras.

Los suelos Oscuros plásticos se localizan en las llanuras bajas de joven formación geológica, donde se acumularon arcillas pesadas, desarrollando texturas arcillosas, pesadas, cuyo peculiaridad reside en la capacidad de drenaje que diferencia a los suelos gleyzados de los gleyzosos y de los no gleyzados.

El halomorfismo está presente en los suelos de las llanuras bajas marinas con intercambio entre la tierra y el mar.

Los suelos aluviales son localizados en los valles fluviales de la parte baja del curso del río Zaza y en los valles fluviales originados en la parte media y baja de la cuenca. En el primer caso se encuentran suelos con acumulaciones de arcillas pesadas. En el segundo caso, se encuentran suelos de textura más ligera. En las zonas entre ambos se localizan suelos Aluviales estratificados. La diferenciación de los suelos aluviales también se observa a lo largo del perfil transversal de los valles. Pero este proceso no es cartografiable a la escala del presente trabajo.

Los suelos Poco Evolucionados del tipo Esqueléticos, se localizan principalmente en las montañas, en vecindad con suelos Pardo y Fersialíticos. Se pueden dividir en Esqueléticos naturales, asociados a las antiguas áreas de sabanas naturales y Esqueléticos antrópicos, originados en las pendientes más abruptas, donde la deforestación ha provocado la pérdida de un elevado porcentaje de la cobertura vegetal.

La cuenca Zaza presenta un bajo porcentaje de bosques. El interior de la provincia de Sancti Spiritus es la zona más antropizada, no superando el 2% de superficie forestal. Esta provincia y la de Cienfuegos, son las que poseen la menor superficie de bosques en Cuba. Sin embargo, existen una serie de paisajes con vegetación forestales y otras tipologías de vegetación natural que a pesar del elevado grado de antropización, tienen una importancia ecológica elevada (González I., et al, 1999).

En la TABLA 3, se representan las áreas de interés de la biodiversidad en la cuenca.

La cuenca del río Zaza es ubicada fitogeográficamente (Samek, 1973), en el Sector Cuba Central, Subsector Cuba Centro-oriental, ocupando parte de los Distritos de Escambray (Guamuhaya), Serpentinillas de Santa Clara y Llanos y Colinas de Cuba Centro - Oriental, dada la diversidad de tipos climáticos y edáficos presentes, se desarrollan varias formaciones vegetales (Capote y Berazaín, 1984).

Se enumeran en seguida las formaciones vegetales presentes en la cuenca Zaza (González et al, 1999),:

Bosques:

- Bosque siempreverde
- Bosque semideciduo
- Bosque de galería
- Bosque de manglares

Matorrales:

- Matorral xeromorfo espinoso sobre serpentinas (cuabal)

Pastos naturales

- Comunidades acuáticas de aguas dulces
- Herbazal de ciénaga
- Pastizales de los bordes de los ríos

Vegetación secundaria

- Bosques secundarios
- Matorrales secundarios
- Comunidades herbáceas
- Sabanas antrópicas
- Vegetación ruderal
- Vegetación segetal

- Cultivos

En términos generales, se puede decir que en toda la cuenca no se presentan zonas de vegetación original que no hayan padecido la influencia humana.

Los bosques de manglares se presentan en las costas bajas y cenagosas, sobre suelos hidromórficos, en la desembocadura del río y el sistema lagunar costero. En ellos se desarrolla la fase larvaria de una serie de crustáceos de gran importancia económica como camarones, la langosta y especie de peces de la plataforma marina.

Estos bosques desarrollan un papel fundamental en la protección de las costas de los procesos erosivos. Mantienen un alto porcentaje de los sedimentos originado por los procesos denudativo-erosivos de las tierras firmes. Las especies de la flora presente: *Rhizophora mangle* (mangle rojo), *Avicennia germinans* (mangle oscuro), *Laguncularia racemosa*, "patabán" y *Conocarpus erecta*, "yana", se utilizan para la fabricación de carbón y la extracción del tanino. Estos bosques son amenazados por la construcción de obras infraestructurales para el turismo.

En los restos de bosques semidecíduos y siempreverdes de las montañas, existen especies endémicas y autóctonas que deben ser protegidas

La vegetación de "cuabal", que es un matorral xeromórfico presente sobre las serpentinadas de las colinas del Norte de la cuenca, es de gran importancia ecológica, puesto que se desarrolla sobre suelos con una alta concentración de elementos químicos tóxicos. La flora presente posee el más alto endemismo y riqueza de especie en el área de la cuenca.

La Cuenca Zaza, pertenece a la región faunística Cuba Central y abarca dos subdistritos: subdistrito Ondulados de Villa Clara, de amplia extensión y el subdistrito Alturas de Guamuhaya, una pequeña porción de la parte norte, según de la Cruz, 1986.

De forma general, su fauna es altamente heterogénea y se distribuye en tres tipos de comunidades terrestres:

- ◆ Fauna de manglares

- ◆ Fauna antropóxena
- ◆ Fauna de bosques semidecíduos: microfíticos y mesofíticos

La fauna asociada a los manglares (por la costa sur), es muy variada y sorprendentemente poco estudiada. En los manglares, habitan comunidades de aves de gran significación en el funcionamiento del ecosistema; en los estratos superiores del bosque, se localizan gran cantidad de especies de aves, entre las que resalta: el canario de manglar (***Dendroica petechia gundlacki*** Baird), especie migratoria que cría en Cuba y resalta por su bonito colorido y atrayente canto; gavilán batista (***Buteogallus anthracinus gundlachi*** (Cabanis), subespecie endémica cubana y especies de Ciconiformes como:

Familia Ardeidae

- De amplia distribución

Ardea herodias (Bags y Zappex) garcilote americano

Egretta alba (Gmelin) garzón blanco

Egretta thula (Molina) garza de rizos

Florida caerulea (Linneo) garza azul

Butorides virescens (Boddaet) aguaitacaimán

- Especies de distribución restringida:

Dichromanassa rubescens (Griscon) garza roja

Nycticorax nycticorax (Gmelin) gunabá de la florida

Euducimus albus (Linneo) coco blanco

Plegadis falcinellus (Linneo) coco prieto

Familia Phoenicopteridae

Phoenicopteros ruber (Linnaeus) flamenco

Familia Ciconidae:

Mycteria americana (Linneo) cayama

Caradriformes

Familia Recurvirostridae

Himantopus himantopus mexicanus (Muller) cachiporra (amplia distribución)

Familia Scolopacidae

Gallinago gallinago delicata (Ord.), (amplia distribución)

Tringa flavipes (Gmelin) zarapico patiamarillo chico (distribución media)

Tringa melanoleuca (Gmelin) zarapico patiamarillo grande (distribución media)

Pelecaniformes

Pelecanus occidentalis (Linnaeus) pelícano

Phalacrocorax auritus (Lesson) corúa de mar

En troncos y suelo del manglar, se han registrado especies de crustáceos que presentan diferentes patrones de distribución entre la parte más interna y externa del bosque, los cuales ocupan un lugar importante en la biomasa del ecosistema; resaltan dentro de este grupo:

Familia Gecarcinidae

Cardisoma guanhumi Latrille, cangrejo blanco

Gecarcinus lateralis (Freminville), cangrejo prieto

Familia Portunidae

Callinectis sapidus (Rathbun) jaiba azul

Familia Paguridae

Cuenobita clypeatus (macao de tierra)

Familia Ocypodidae

Ucxa sp (cangrejo violinista)

Lagunas costeras, esteros y arroceras: dentro de estos biotopos, uno de los grupos fundamentales lo constituye el orden Anseriformes, representado hasta el momento por 15 especies de interés cinegético y que exhiben diferentes niveles de distribución.

Los bosques semidecíduos de la cuenca tienen marcado interés faunístico, por la elevada riqueza de especies y la presencia de endémicos en los distintos taxones. Muchos de los endémicos son de amplia distribución, mientras que otros se localizan en áreas específicas, que son de interés, a la hora de implementar el manejo de los recursos.

3.3.2. La actividad antrópica

Las modificaciones precolombinas fueron abundantes, como demuestran los descubrimientos arqueológicos realizados, pero no dejaron huellas en los paisajes.

El origen de la propiedad agraria en Cuba, empezó en la cuenca Zaza, con la concesión por el ayuntamiento de Sancti Spiritus en el 1536 de la primera propiedad rural reconocido en la historia de Cuba.

Surgió así, un modelo de empleo de la tierra que tuvo siempre, como distintivo, una marcada tendencia a la asignación a los paisajes de una función socioeconómica precisa, con el predominio del monocultivo.

El hecho que el empleo de la tierra predominante fuera la ganadería, implicó el nacimiento de áreas por cultivos de subsistencia que se usaron para desarrollar sucesivamente cultivos con interés comercial. Se desarrolló también la explotación forestal para obtener maderas preciosas destinadas a la construcción de barcos e inmuebles.

En esta parte de Cuba, el efecto combinado del desarrollo socioeconómico a partir de las tres de las siete primeras ciudades conocidas, Trinidad, Sancti Spiritus y San Juan de los Remedios, potenció la degradación ambiental, ya que

fueron centros de expansión para la colonización hacia el interior, que de ganadera y forestal fue transformándose en agroindustrial azucarera.

El estallido de la industria sacarífera, iniciado en 1792, provocó un impacto aún más fuerte sobre los geosistemas naturales, por las razones siguientes:

- Aumento vertiginoso del ritmo de la deforestación, para satisfacer las demandas de nuevas tierras para cultivar caña de azúcar y, al mismo tiempo, alimentar con leña, las calderas.
- Introducción del ferrocarril, especialmente por el servicio a la industria azucarera. Cuba fue uno de los primeros países con ferrocarril en el mundo. En la cuenca, se introdujo a mediados del siglo XIX.
- Formación de los latifundios azucareros, favorecidos con la penetración norteamericana, del final del siglo XIX, con sus modernas fábricas de azúcar.

De este modo, al final del siglo XIX, en el territorio estudiado se manifestó una elevada transformación de la naturaleza, a partir de actividades económicas específicas. La instauración de la República y los cambios que eso conllevó, acentuaron la antropogénesis de los paisajes:

- en el 1902 se inaugura el ferrocarril central, se intensifica la inmigración desde las Islas Canarias hacia los llanos del centro de la provincia, para desarrollar principalmente el cultivo de tabaco. Sólo en el caserío de Cabaiguán la población creció de 2000 habitantes en el 1902, hasta 19 416, en 1919.
- la actividad pastoral y el cultivo de tabaco, que se estabilizaron del siglo XIX en la mayor parte del llano Fomento - Cabaiguán - Arroyo Blanco, siguió creciendo en otras áreas. La cría se ha difundido en las cuotas más elevadas, mientras que los cultivos de tabaco se han extendido a suelos de baja calidad.
- el cultivo de caña abasteció cuatro azucareras: "Escambray", "La Vega", "Tuinicú" y "Jatibonico". Este último, fuera de la cuenca, pero por su enorme capacidad de producción, abrió al cultivo grandes superficies de los llanos del Sureste.

- la explotación de las montañas se caracterizó con la extracción de madera y cultivos varios inicialmente, pero su mayor importancia fue adquirida en el siglo XIX con el desarrollo de la producción de café, madera, talado de los bosques para sembrar pastizales y caña de azúcar. Después del abandono y las destrucciones causadas por las guerras de independencia, el capital norteamericano se apoderó de gran parte de las antiguas propiedades españolas y nacionales. Se desarrolla la producción de café, con sus numerosas propiedades donde, además del café, se instalan plantaciones y proliferaron las "tumbas" para sembrar cultivos de subsistencia. Paralelamente, proliferaron los pastos para cría, acentuando la deforestación y la invasión de gramíneas y matorrales. Los pastos artificiales, existieron ya en las montañas de Sancti Spíritus, en la primera mitad del siglo XIX, (González et all, 2000).

Después del triunfo de la Revolución cubana en el 1959, los esfuerzos se orientaron a alcanzar el necesario desarrollo socioeconómico del país, con una intencionalidad racional en el empleo de los recursos disponibles y una estrategia de desarrollo que valoró las características regionales y locales. La presión sobre los sistemas ambientales en el territorio se multiplicó inevitablemente, especialmente por el incremento de las áreas de cultivos de la caña de azúcar en los años 70.

Algunas evidencias significativas de todo esto proceso son la construcción de ocho embalses artificiales, entre ellos la presa Zaza, que es el más grande de Cuba, de numerosos microembalses, la ampliación de los sistemas de riego y drenaje, la construcción de nuevos asentamientos de población e instalaciones industriales, agrícolas y turísticas. La ampliación de la red de ferrocarril, de los caminos rurales y las carreteras, la intensificación de la explotación de las aguas subterráneas. Todo eso, ha supuesto la movilización de crecientes volúmenes de material de cantera, con las consiguientes modificaciones locales de relieve (FIGURA 6).

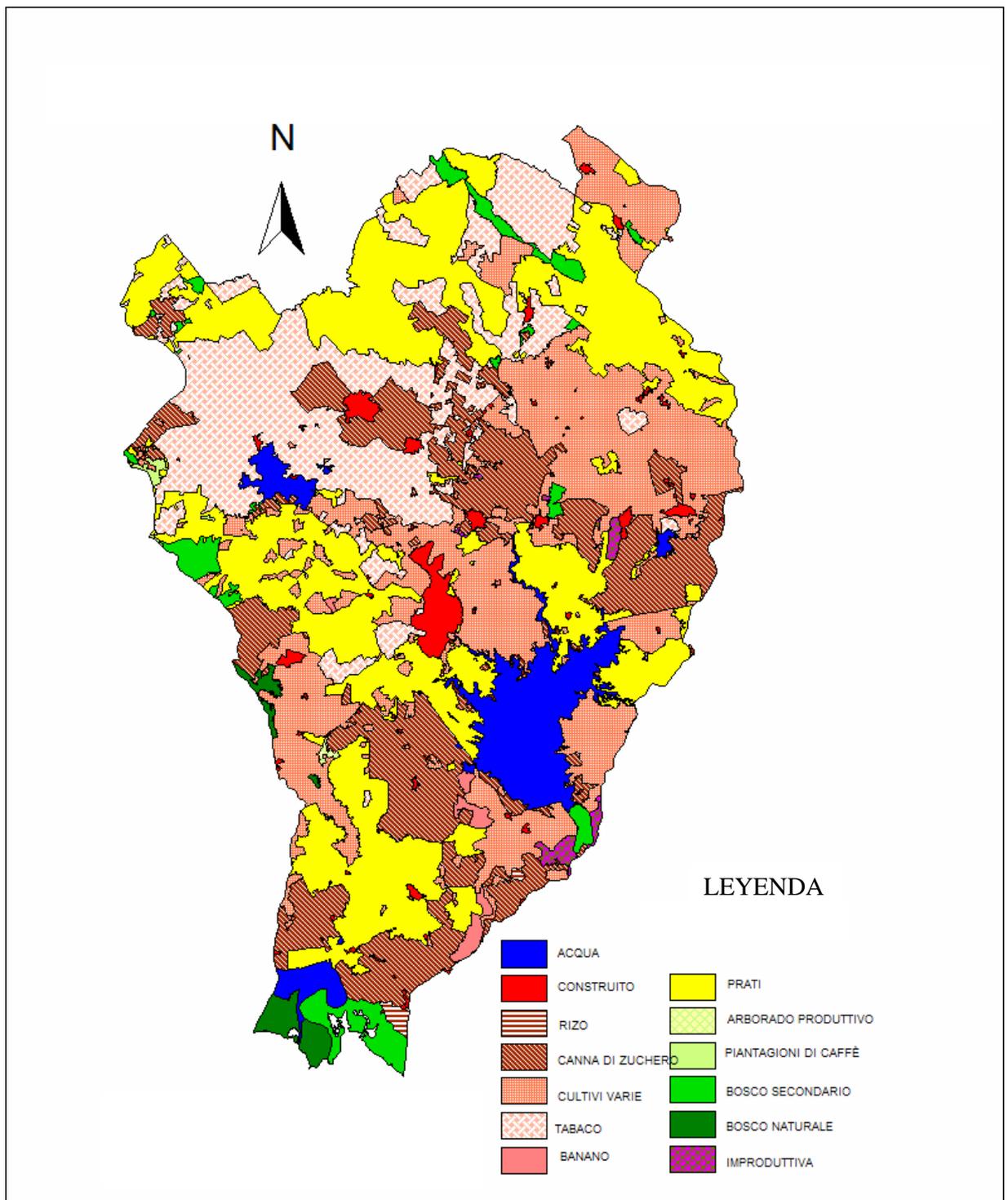


Fig. 6: Carta del uso actual del suelo en la cuenca Zaza. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke. 1866.

Entre las transformaciones practicadas, uno de las más grandes fue el sistema de producción arrocero del Sur del Jíbaro, donde se estableció un enorme complejo agroindustrial que cuenta con uno de los sistemas de canales para el riego y el drenaje más grande de Cuba. Las aguas de la presa Zaza han sido utilizado para regar estos cultivos. Este sistema abastece áreas agrícolas de la vecina provincia de Ciego de Ávila.

3.4. La taxonomía del paisaje local

El sistema paisaje, tiene diferentes componentes estrechamente relacionados, sea por su génesis y evolución natural como por el tipo de respuesta compleja que nace de su interacción ante las condiciones de impacto sociocultural.

El origen geológico influye en la morfología de un paisaje de tierra firme o de condiciones sumergidas, determinando las formas montañosas, onduladas o llanas, además de los tipos de pendientes en el ámbito de cada morfología. El relieve es la expresión de complejas relaciones entre procesos tectónicos, composición litológica y procesos erosivos desarrollados por ríos, viento, mares, glaciales, de la acción química de los agentes exógenos y del tipo de cobertura de la superficie.

Los suelos son el resultado de las complejas interacciones con otros componentes como los organismos vivientes a los cuales le deben su existencia.

La vegetación en su diversidad y modo de organización expresan a emergencia más compleja del paisaje, siendo el mejor reflejo de la mayoría de las propiedades del paisaje. La mayor parte de los modelos de paisajes, se basa en la diferenciación entre los dos componentes fenológicos más expresivos, el relieve y la vegetación. Pero, entre estas dos miembro existe una profunda diferencia. Las transformaciones antrópicas de los paisajes se han realizado principalmente sobre la cobertura vegetal. Es este, en efecto, el componente que indica en el modo más preciso la intensidad de la antropización. El mismo

proceso de transformación del paisaje causado por las actividades humanas no es en cambio perceptible, ni por intensidad ni por extensión sobre el relieve.

Como principios de operacionalización de la gestión de los paisajes se asumen los siguientes:

- los paisajes naturales, formados en condiciones naturales y posteriormente transformados por la actividad humana, tienen dos subsistemas que evolucionan en dinámicas diversas: los invariantes naturales, con una estructura y dinámica acorde a los ciclos de la naturaleza, cuya velocidad de evolución forma ciclos no perceptibles en condiciones de uso. En segundo lugar la variación en condiciones de uso, que expresan la acción humana transformable por la gestión. Bajo este tipo de análisis, las pérdidas de los potenciales del paisaje, se puede definir como degradación, y se debe analizar separadamente de los invariantes. Las diferentes dinámicas del medio natural y el socioeconómico, implican que la acción antrópica, se comporta como un proceso complejo, que incluye incertidumbre y un esquema organizacional caótico.
- La composición y estructura de los paisajes locales, además de ser jerárquicamente dependiente del paisaje global, posee una complejidad intrínseca, dada por la emergencia de propiedades locales de mayor incidencia local que las propiedades del paisaje global. Son el resultado de la relevancia de las propiedades de los componentes en interacción a los diferentes niveles jerárquicos. comportamiento de los componentes en la localidad y es lo que puede definirse como complejidad infinitesimal.

3.4.1. La diferenciación del paisaje local.

El paisaje local, como una construcción resultante de la interacción naturaleza-sociedad, tiene su diversidad en la diferenciación entre sus componentes verticales y horizontales. Los invariantes paisajísticos, forman la estructura esquelética sobre la cual se desarrolla la actividad socioeconómica, y que como resultado de ella, transforma a estos componentes, cambiando su fisonomía y afectando de algún modo a su potencial.

Las relaciones morfológicas entre los invariantes paisajísticos, nos expresan sus propiedades emergentes, a partir de las cuales, durante la interacción social, se modeló una determinada forma de apropiación del territorio. El paisaje como sistema, a través de estas relaciones expresa sus propiedades espaciales y en los casos en que se ejecuten análisis diacrónicos, expresa también la variabilidad temporal del sistema.

Las principales propiedades de las unidades paisajísticas, son las emergencias que permiten establecer la organización interna del paisaje. Este fundamento teórico, parte de asumir el paisaje local como parte integrante del paisaje global, pero bajo el principio de la necesidad de operacionalizar el sistema percibido a una escala más detallada, como necesidad social del desarrollo local. Además, permite superar determinados principios teleológicos, que impiden una percepción profunda de procesos que a menor escala pueden ser secundarios, pero al nivel local representan las propiedades sistémicas a considerar para la gestión de los paisajes.

Para desarrollar el análisis local, la investigación se basó en una serie de indicadores que expresan las relaciones espaciales entre los componentes de la estructura vertical del paisaje, las relaciones entre las series horizontales por componentes y la organización de estos.

Índice de entropía: la referencia a la entropía en los indicadores del paisaje toma su base conceptual de la teoría de la información de Shannon, Weaver el all (2003), que tiene una larga historia de empleo en la ecología del paisaje.

Considerando un mapa ráster compuesto de N atributos, donde hay el número de píxel que pertenecen al iésima clase n_i , los $i = 1, 2, \dots, N$, y p_i denota la frecuencia relativa de n_i

$$N$$
$$(p_i = n_i / \sum_{i=1}^N n_i)$$

donde $0 < p_i < 1$

Según Shannon (1948), la cantidad de información estadística o entropía de Shannon (H), adjunta al mapa es:

$$H = -\sum_{i=1}^N p_i \ln p_i$$

La entropía H de un mapa temático fecha, es una medida de incertidumbre prediciendo la abundancia relativa de las clases de atributos. Se demuestra fácilmente que el valor máximo de la entropía de Shannon, $H_{\max} = \ln N$, se consigue de una distribución equiprobable, es decir $p_e = p_j$ por todos los pares de clases $l = j$. Recíprocamente, la entropía mínima, $H_{\min} = 0$, sucede si el mapa sólo es compuesto de una clase. La normalización de H con respecto de valor máximo de la entropía, $J = H/H_{\max}$, es el modo de unificar la serie, porque mide la desviación con respecto de otra distribución de clases de atributos.

La entropía de Shannon Weaver, se utiliza como un indicador de la complejidad del paisaje a partir del análisis comparativo de los mapas temáticos de los componentes de la estructura vertical del paisaje, a partir de $J_i = H_i/H_{\max}$ (TABLA 3).

Índice de fragmentación: expresa la relación entre las clases de entidades del paisaje global.

$$IF = \frac{Fre}{Fra}$$

donde

IF, índice de fragmentación,

Fre, frecuencia relativa normalizada de la cantidad de entidades por cada clase en relación al número total de las entidades;

Fra, expresa la frecuencia relativa normalizada de las áreas de cada clase de entidad en relación al área total.

A nivel de investigación, la aplicación del algoritmo índice de fragmentación (IF) exhibe valores reales positivos oscilantes entre 0 e infinito. Se evidencian tres casos posibles. Un valor superiores a 1 identifica alta fragmentación - muchas entidades de pequeña superficie -, valores cercanos a 1 expresan una distribución lineal de las frecuencias - muchas entidades de gran superficie o pocas entidades que ocupan una superficie pequeña -; por fin valores de IF inferiores a 1 expresan una baja fragmentación - o bien, pocas entidades ocupan una gran superficie -. Este indicador se utiliza para la diferenciación del comportamiento de las series de cada componente así como para evaluar las relaciones genéticas entre los componentes al establecerse las relaciones de dependencia entre ellos. Para comparar los índices de fragmentación entre diferentes componentes se utiliza un coeficiente de fragmentación J_{ij} , que expresa el valor unitario de fragmentación con respecto al valor máximo del conjunto que se compara.

$$J_{ij} = IF_{ij} / IF_{ijmax}$$

J_{ij} = Valor relativo de fragmentación de i con respecto al valor máximo de fragmentación del conjunto j.

Los análisis comparativos se realizan de mismo modo que en el caso anterior.

Clases de paisaje: los sistemas de unidad de paisaje dependen en primer lugar de la estructura fisiográfica de un territorio, considerada invariante en el tiempo con respecto de las actividades antrópicas; también se conoce como "aparato esquelético" de un paisaje.

El estado y las transformaciones - cuál, por ejemplo, los procesos de degradación del suelo - que ocurren a nivel del sistema esquelético de un territorio pueden ser considerados factores limitantes del potencial de un paisaje.

Uso del territorio: expresa el empleo principal del territorio estudiado, subdividiéndolo en determinadas clases de uso/cobertura. En el curso del estudio una primera fase de análisis ha permitido de definir, a nivel de las dos cuencas, 8 principales grupos de uso: bosques, matorrales, espejos de agua,

pastos, caña de azúcar, cultivos varios, construido disperso y urbano denso. Para respetar un enfoque diacrónico en el estudio, el procedimiento de individuación y subdivisión del territorio en clases de uso, ha sido efectuado en referencia a dos períodos suficientemente lejanos en el tiempo. Ellos son, los usos d suelo para los años 1956 y 2002.

Densidad demográfica: este simple indicador, define el número de habitantes por kilómetro cuadrado, y se utiliza de manera diacrónica. Provee importantes indicaciones sobre las dinámicas de la población en el período estudiado.

Índice Fractal (FRAC): La dimensión fractal media es una medida de la complejidad general de las formas de los parches dentro de un determinado territorio. El índice es valorado en función de las relaciones entre el área y el perímetro de los patch. Es un índice sugerente, ya que refleja la complejidad de la forma de los patch para un amplio rango de escalas espaciales, patch sizes. Permite superar los límites de geometría euclidiana expresados por la simple relación área-perímetro (FIGURA 7).

$$FRAC = \frac{2 \ln P_{ij}}{\ln a_{ij}}$$

donde

P_{ij} , es el perímetro de la entidad i -ésima perteneciente a la clase j -ésima expresado en m;

a_{ij} , es el área de la entidad i -ésima perteneciente a la clase j -ésima expresado en m^2 .

El índice fractal oscila entre 0 y 2, donde 1 es el límite crítico de alejamiento de la geometría euclidiana, y por lo tanto, donde las formas o manchas de los elementos que componen el paisaje, se acercan geoméricamente a conformaciones típicas del modo de "dibujar" de la naturaleza, por ejemplo, los límites sinuosos de manchas de bosques, ejes fluviales, etcétera; mientras,

debajo del límite crítico los elementos identificables a cada escala de representación, predominantemente están constituidos por formas cercanas al "modo de diseño" del hombre, rectángulos, líneas rectas, circunferencias, etc.

Tabla 3: Entropía por componentes del paisaje

Componente	H	J(H/Hmax)
Formaciones geológicas	3,7106	1
Complejos geológicos	1,9083	0,514
Altimetría	1,824	0,496
Pendientes	1,7499	0,476
Tipos de suelos	2,065	0,556
Agrupamiento de suelos	1,968	0,530

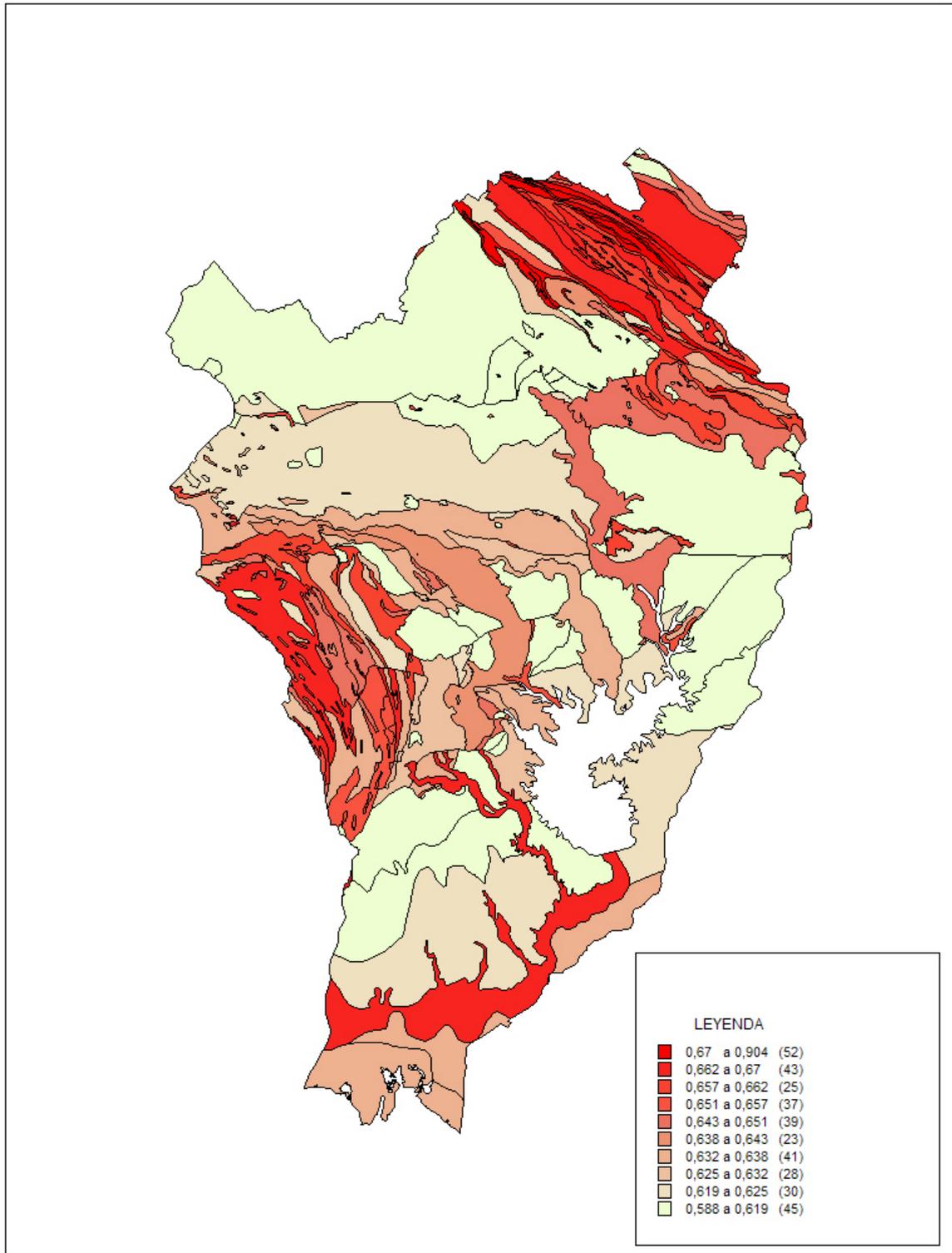


Fig. 7: Mapa de fractalidad de las formaciones geológicas

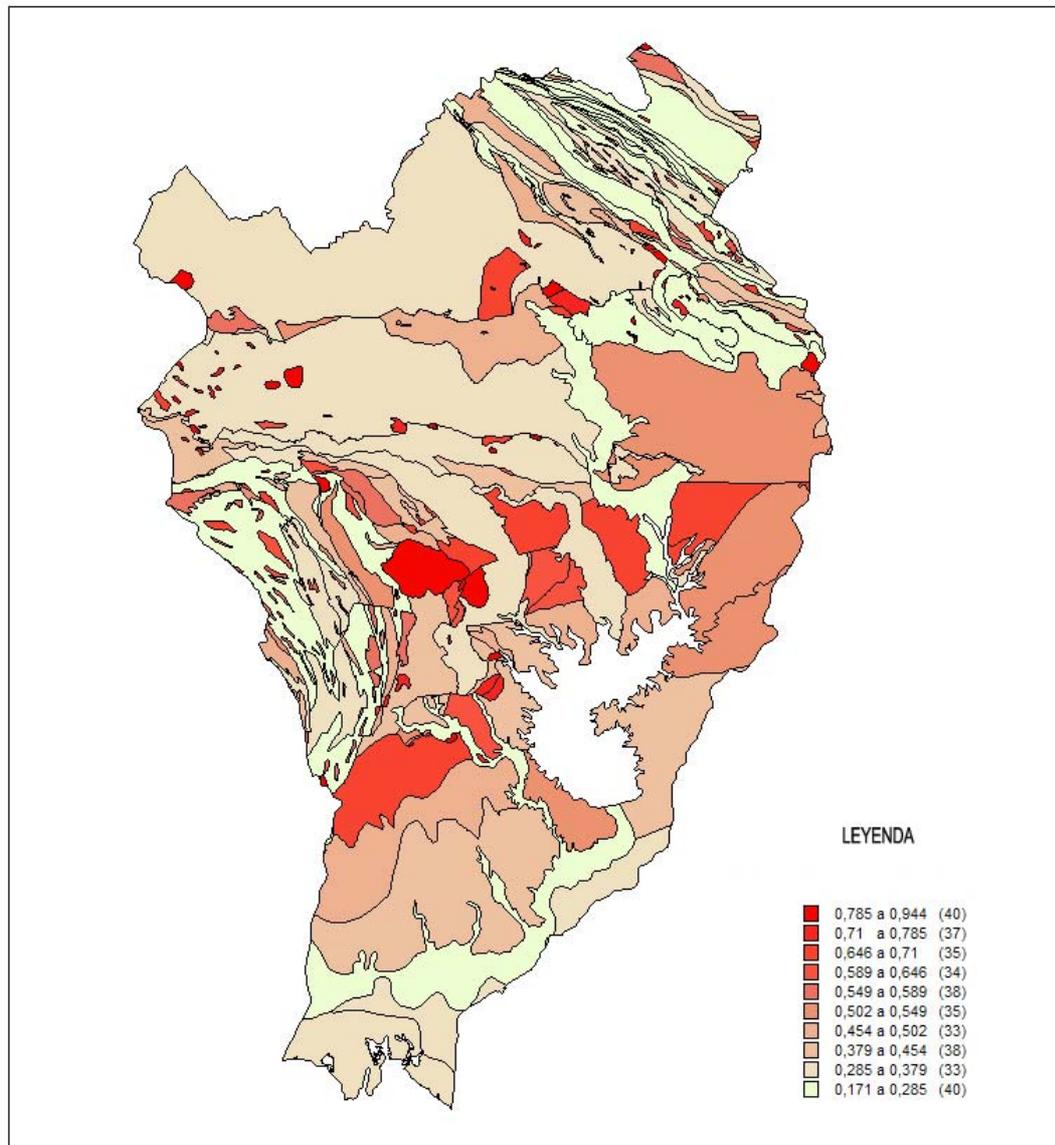


Fig. 8: Mapa de Compacidad de las formaciones geológicas

En la Tabla 3, se observa el comportamiento de la entropía de los componentes del paisaje. Podemos ver la pérdida de información con respecto a las formaciones geológicas. Sin embargo, en lo que se refiere a los suelos, el nivel de agrupamiento conserva bastante la información de los tipos de suelo. Las

formaciones geológicas son el componente que mayor nivel de diferenciación ofrece, pero no expresan el factor de la composición litológica, lo que no se refleja tampoco en los agrupamientos litológicos. Los demás componentes, expresan una síntesis de la información en la cual si se puede considerar la influencia del factor litológico. Por ello, a pesar de la información que ofrece las formaciones geológicas, este componente no se puede considerar como diferenciador del paisaje y mucho menos la síntesis que se origina a partir de los complejos litológicos. El relieve y los suelos sintetizan adecuadamente las condiciones de los invariantes paisajísticos. Las condiciones climáticas no pudieron ser analizadas por la distribución de las estaciones meteorológicas, pero se asume que tienen una gran importancia en la diferenciación de los paisajes.

Índice de Compacidad: mide el grado de aproximación geométrica de una entidad a la forma de la circunferencia. El indicador es valorado mediante la relación entre el área y el perímetro de un objeto en relación a la relación inversa de la constante, 0.2821. Esta constante expresa el valor máximo posible entre la raíz cuadrada del área de una figura plana regular y su perímetro, es la constante para cualquier circunferencia de la división de la raíz de su área entre su perímetro:

$$ICi = \frac{\sqrt{Ai}}{Pi} \frac{1}{0.2821}$$

donde

Ai, es el área de la entidad i-ésima

Pi, es el perímetro de la entidad i-ésima

El algoritmo propuesta exhibe valores oscilantes en un intervalo incluido entre 0 y 1. Valores de IC tendientes a 1 indican la tendencia de la forma de la entidad medida a la circunferencia; la tendencia a cero indica en cambio formas que progresivamente se distancian de la circunferencia.

Este indicador fue desarrollado a partir de la necesidad de trabajar sobre cartografía digitalizada a partir de mapas en formato papel. Mientras que el

índice de fractalidad es útil para la información tomada en formato ráster, el índice de compacidad es de mayor utilidad para la la información recuperada (FIGURA 8)..

3.4.1. Indicadores sintéticos de diferenciación del paisaje de la cuenca Zaza.

Para la diferenciación de las unidades del paisaje, se han utilizados los resultados de las investigaciones a nivel provincial realizadas anteriormente (Domínguez, 2003). Conjuntamente se han aplicado los resultados de los indicadores sintéticos desarrollados en este trabajo.

Los paisajes de la provincia de Sancti Spíritus, se han formado bajo la influencia de varios factores:

un amplio mosaico de rocas madre;

una prolongada diversificación de las formas del relieve, debido a la actividad de los movimientos tectónicos;

un clima tropical periódicamente húmedo que aporta el agua necesaria para la formación de los sistemas fluviales y procesos como el Carso, el intemperismo tropical, la gleyzación y otros;

una gran variedad de condiciones edáficas y de cobertura vegetal y un proceso de modificación antropogénica, que ha durado más de 400 años.

Para la modelación del paisaje de la provincia, ha sido utilizado el método sintético, en cuanto permite concebir como un todo el paisaje estudiado y diferenciar sus unidades a partir de sus emergencias internas y la variabilidad estructuro-funcional del paisaje. De este modo se representan contornos únicos, diferenciando la jerarquía taxonómica, a través de la información de la base de datos espaciales y los diversos mapas temáticos elaborados con el geoprocésamiento.

Cada unidad de paisaje es descrita en la clave, con base en el nivel jerárquico corresponsal.

El orden jerárquico por la descripción de los miembros del paisaje tradicionalmente usado a Cuba es el siguiente:

relieve;

estructura geológica y litológica;

clima;

drenaje;

suelo.

La creación de bases de datos espaciales de las unidades del paisaje, donde son sintetizadas las propiedades y la relación entre los miembros, permite sintetizar la clasificación a nivel local del área de estudio.

A través del análisis se ha arribado a la clasificación sintetizada utilizando los siguientes factores de diferenciación del paisaje:

El clima, con particular atención hacia la duración del período de sequía. En efecto éste es el factor principal que determina el nivel de estrés hídrico de la vegetación y los cultivos agrícolas. A pesar de ser predominantemente un clima tropical húmedo de sabana, existen variaciones del paisaje debidas a los cambios en el comportamiento de las variables climáticas.

El relieve, como propiedad resultante de la interacción entre la composición litológica, la tectónica y los procesos exógenos de erosión y denudación, que se expresa de modo mejor en la diferenciación del relieve en los diversos niveles altimétricos. Con el análisis de la continuidad de las pendientes entre los diversos niveles altimétricos se sintetiza la diferenciación del paisaje.

Los suelos presentes en el área de estudio, influenciados fuertemente por la variabilidad litológica y de la posición altimétrica, que condicionan al mismo tiempo la cobertura del suelo. Por este motivo también ha sido considerado un indicador sintético de la diferenciación de los paisajes.

A continuación, se han elaborado algunos indicadores sintéticos capaces de expresar la variabilidad espacial de los invariantes paisajísticas. A tal fin han sido utilizados métodos de correlación espacial y análisis cualitativo. Se ha valorado que los indicadores de variabilidad que expresaron mejor el modelo "criptosistémico" del paisaje fueron:

La duración del periodo seco (FIGURA 9). Este indicador se desarrolló a partir del indicador de humedecimiento de los paisajes aplicado por Domínguez (2003), en este caso utiliza la duración del periodo en que el paisaje está en condiciones de sequía, por ser el índice que mejor expresa las condiciones de stress ecológico de los cultivos y vegetaciones y por ser la sequía el fenómeno climático reconocido de mayor incidencia en el estado de los paisajes:

Paisajes húmedos: cuando no existe un período de sequía.

Paisajes medianamente húmedos: cuando el período de sequía es comprendido entre 1 y 2 meses.

Paisajes secos: cuando el período de sequía es igual a 3 meses o a más.

El relieve: es una variable que expresa las variaciones en la estructura geológica y en la composición litológica, se utilizó como referencia, la diferenciación del relieve utilizada en estudios geomorfológicos anteriores, que establecen dos niveles principales: montañas y llanuras y colinas.

Para interpretar el relieve como factor de diferenciación, ha sido estudiada la relación entre la altimetría y la pendiente (FIGURAS 10 Y 11). Utilizando los datos obtenidos por la misión espacial SRTM (Shuttle Radar Topographic Misión), con una resolución espacial de 30 m, se elaboraron las cartas altimétricas y de pendientes de la cuenca Zaza y se establecieron los niveles altimétricos. Posteriormente se calcularon las series de porcentaje de la superficie de los intervalos de pendiente para cada nivel altimétrico. Después se correlacionaron las series de pendiente de los intervalos contiguos con el coeficiente de correlación de Pearson (FIGURA 12).

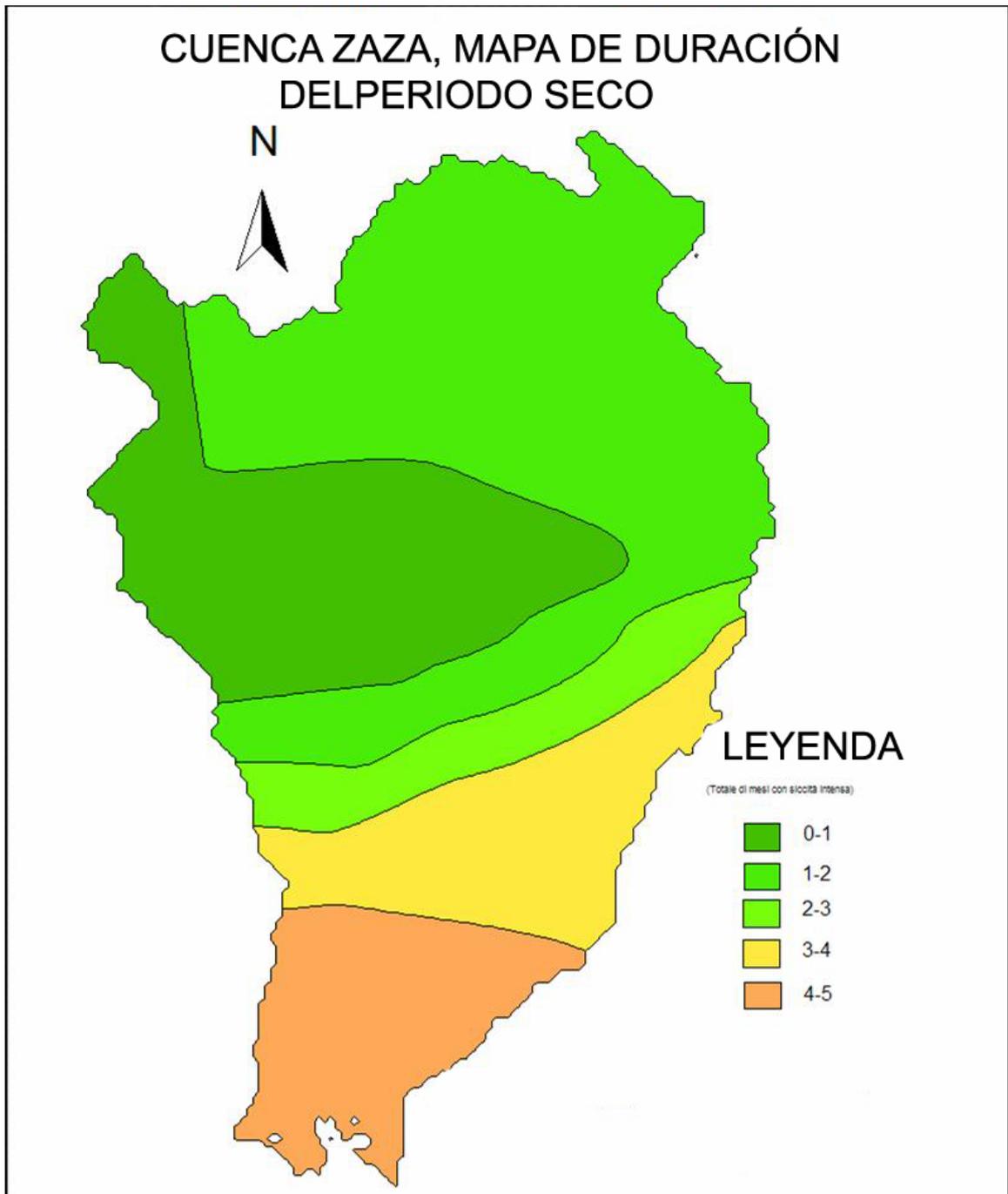


Fig. 9: Carta de la duración del periodo seco en la cuenca Zaza. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866.

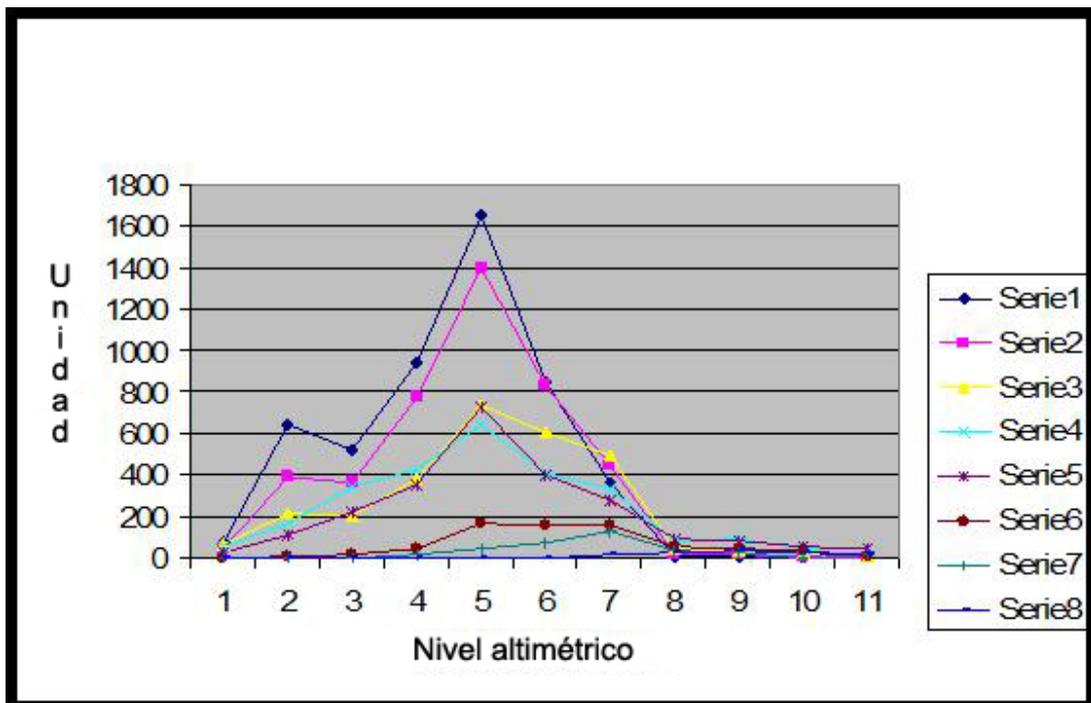


Fig. 10: Composición de las series de pendientes por niveles altimétricos en el área de la cuenca.

La isolínea de los 300 m de altitud es donde ocurre el mayor cambio en la distribución de las inclinaciones. Es este un primer indicador de los cambios a nivel del relieve en la cuenca. El indicador describe como varían las superficies de los diferentes intervalos de pendiente en relación al aumento de la cuota sobre el nivel medio del mar.

Su aplicación permite diferenciar el comportamiento del relieve, es aplicable a cualquier escala, siempre que los datos de base sean acordes a la escala de trabajo.

El nivel altimétrico 300-400 m s.n.m.m., no es correlacionable con el nivel inferior y superior. Representa el cambio principal del relieve en la cuenca. Sólo ocupa el 1% del área de la cuenca, por tanto no puede considerarse una tipología de paisaje. Pero sería útil estudiar más detalladamente estas áreas en siguientes estudios a mayor escala de análisis.

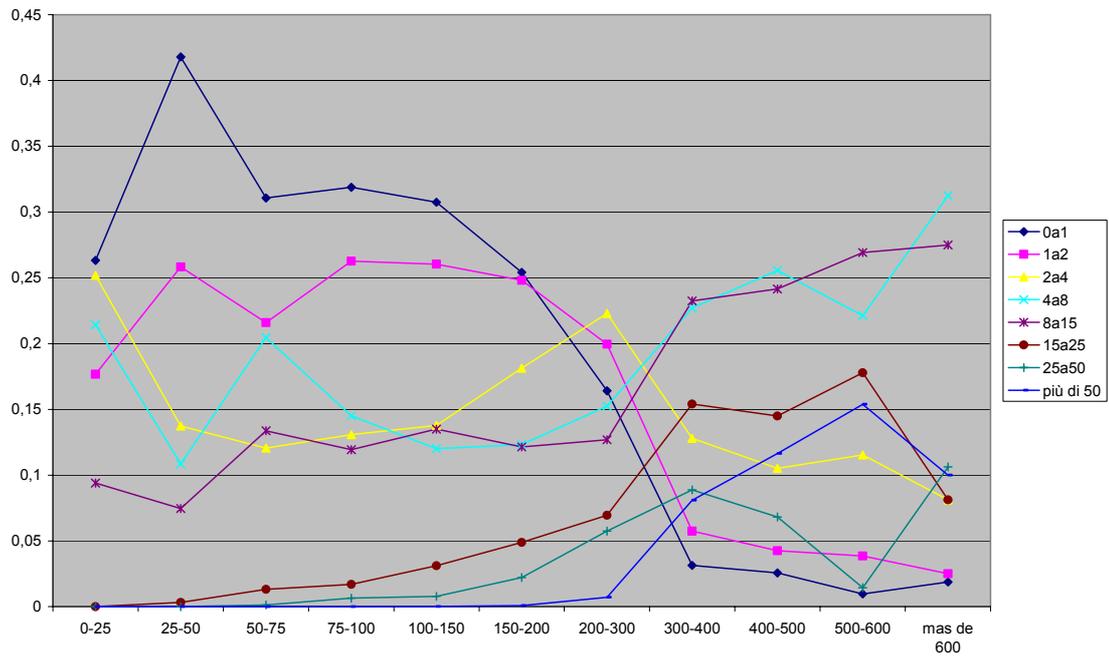


Fig. 11: Incidencia porcentual de los intervalos de pendientes por niveles altimétricos.

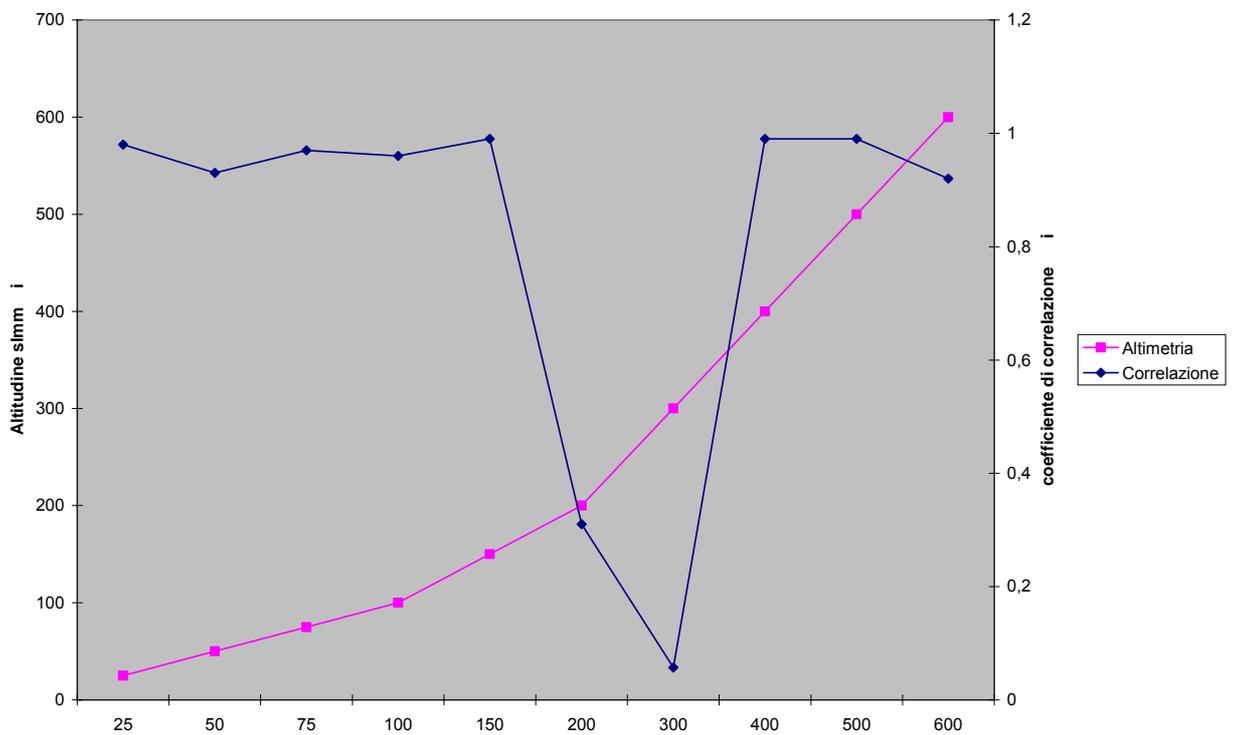


Fig. 12: Correlación entre las series de pendiente de niveles altimétricos contiguos.

Cómo conclusiones parciales a este análisis, existen dos niveles de relieve, el principal, de llanuras y colinas, de 0 a 300 m y la montaña, por encima de los 300 m.

La llanura se divide en dos superficies principales, de 0 a 75 m, con el 38% del área y de 75 a 300 m, con el 59% del área.

En la montaña pueden distinguirse, los niveles de 300 m hasta a 600 m y a un nivel superior a los 600 m que corresponde a las cimas planas.

En general, han sido usados estos tres indicadores por la diferenciación del orden jerárquico del paisaje, a través del empleo de un software GIS.

3.4.2. Unidades invariantes del paisaje (fisiótopos) de la cuenca del río Zaza

Clases (FIGURA 13):

A. Montañas: Comprende los paisajes superiores a los 300 metros, ocupan el sector mediano-occidental de la cuenca.

I. Cimas e interfluvios húmedos con inclinaciones menores del 8 por ciento.

II. Cimas, interfluvios y pendientes húmedas con inclinaciones de 8 al 25 por ciento.

III. Pendientes húmedas con inclinaciones mayor del 25 por ciento

IV. Valles intramontanos húmedos

B. Llanos y colinas: Comprende los paisajes en los niveles altimétricos inferiores a 300 metros.

Tipos: La diferenciación se realiza a partir del nivel de humedad, de la posición altimétrica y de las pendientes predominantes.

V. Colinas húmedas y medianamente húmedas.

VI. Llanura alta húmedas.

VII. Llanura alta medianamente húmedas.

VIII. Valles fluviales húmedos y medianamente húmedas.

IX. Llanura con humedad fluctuante artificial del suelo.

X. Llanura baja medianamente húmeda.

XI. Llanura baja seca.

Para las sub-unidades de paisajes se establecieron los siguientes grupos de suelos. De acuerdo a su presencia se definieron las unidades.

1. Tipos de Suelos Ferralíticos rojo, rojo lixiviado y amarillento.
2. Tipos de Suelos Ferralíticos de los tipos cuarcíticos.
3. Tipos de Suelos Ferralíticos pardo rojizo o pardo grisáceo.
4. Tipos de Suelos Ferralítico rojo parduzco ferromagnésico.
5. Tipos de Suelos pardo con carbonatos.
6. Tipos de Suelos pardo hasta carbonatos.
7. agrupación de suelos Húmicos Calcimórfico.
8. Agrupamiento de suelos Oscuros plásticos.
9. Agrupamiento de suelos Hidromórficos.
10. Agrupamiento de suelos Poco desarrollados.
11. Agrupamiento de suelos Halomórficos.
12. Agrupamiento de suelos Aluviales.

A partir de las combinaciones de estas características, se definen 74 posibles tipologías de paisajes.

CUENCA ZAZA MAPA DE PAISAJES

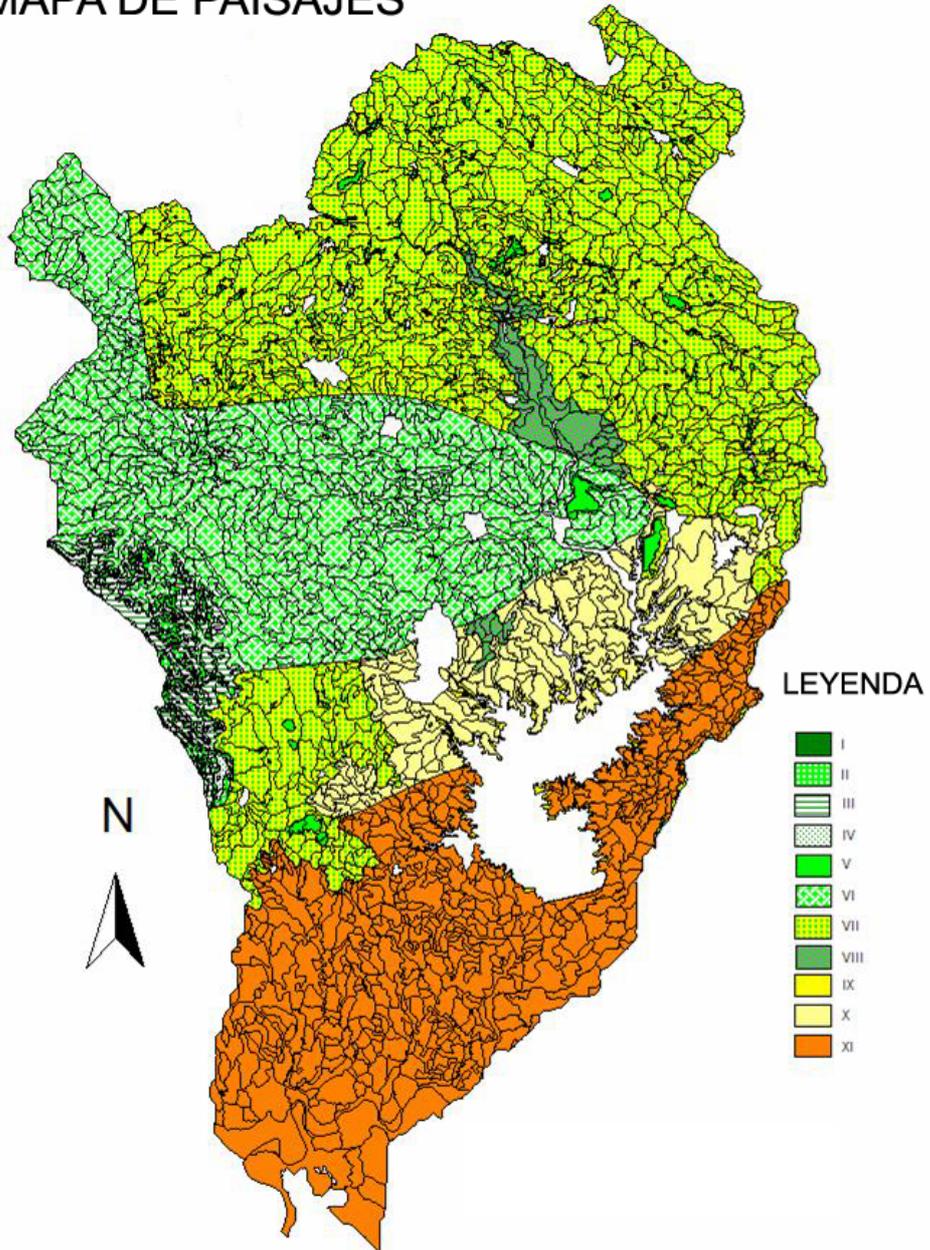


Fig. 13: Carta de los Paisajes. Cuenca Zaza. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866.

CAPÍTULO 4: Modelo alternativo de diagnóstico: estudio del caso de las subcuencas Tuinucú y Yayabo.

Para articular la explotación de los recursos de los territorios, con las potencialidades y propiedad de los sistemas naturales, es necesario incorporar la planificación ambiental en el proceso de soporte a las decisiones (Salinas, 1991,1997; Kostrowicki, 1990).

La planificación territorial es la actividad consciente de promover el desarrollo de una determinada región. Incorpora la complejidad de los sistemas territoriales, con su dinámica difícilmente pronosticable.

Puesto que las definiciones científicas se basan sobre la previsibilidad, es difícil definir e incorporar la complejidad en términos científicos tradicionales (Boisier, 2002). Por tanto, cada ciencia tiene el desafío de la imposibilidad de lograr producir esquemas disciplinares infalibles por el proceso de planificación en las muchas situaciones locales.

Asumir la complejidad, significa que cada ciencia sea capaz de utilizar su potencial teórico-metodológico para la discusión interdisciplinaria de la que pueda emerger la capacidad de transformar los elementos casuales en errores, es decir, de incorporar la incertidumbre.

En esta búsqueda, aplicando los principios metodológicos de las ciencias de los paisajes para la determinación de las propiedades sistémicas de las subcuencas Tuinucú y Yayabo, se ha creado una base de conocimiento que puede ser incorporada en los procesos de planificación del territorio.

4.1. Características generales de los paisajes.

Las cuencas de segundo orden Tuinucú y Yayabo representan el área más antropizada de la cuenca Zaza. Ocupan el sector mediano-oriental de la provincia de Sancti Spiritus, con una superficie de 533 km². Administrativamente el área interesada por las dos cuencas ocupa los territorios de los municipios de: Cabaiguán, Fomento, Sancti Spiritus y Taguasco.

Están presentes las siguientes unidades de paisajes (FIGURA 14):

II. Cimas, interfluvios y pendientes con inclinaciones de 8 a 25 por ciento:

II.1 con suelos Ferralíticos rojo lixiviado,

II.3 con suelos Fersialíticos pardo rojizo o Pardo grisáceo, II.10 con suelos Poco Desarrollados,

III. Pendientes húmedas, con inclinaciones superiores a 25 por ciento:

III.1 con suelos Ferralíticos rojo lixiviado,

III.3 con suelos Fersialíticos pardo rojizo o Pardo grisáceo,

III.10 con suelos Poco Desarrollados,

IV. Valles intramontanos:

IV.1 con suelos Ferralíticos rojo lixiviado,

IV.3 con suelos Fersialíticos pardo rojizo o Pardo grisáceo,

V. Colinas húmedas y medianamente húmedas:

V. 3. con suelos Fersialíticos pardo rojizo o Pardo grisáceo,

V.5 con suelos Pardo con carbonatos,

V. 6. con suelos Pardo sin carbonatos,

VI. Llanura alta húmeda:

VI.1 con suelos Ferralítico rojo, Rojo lixiviado o Amarillento,

VI.2 con suelos Ferralíticos cuarcíticos,

VI.3 con suelos Fersialíticos pardo rojizo o Pardo grisáceo,

VI.4 con suelos Fersialítico rojo parduzco ferromagnésico,

VI.5 con suelos Pardo con carbonatos,

VI.6 con suelos Pardo sin carbonatos,

VI.7. con suelos Húmico calcimórfico,

VI.10 con suelos Poco Desarrollados,

VI.8. con suelos Oscuros Plásticos,

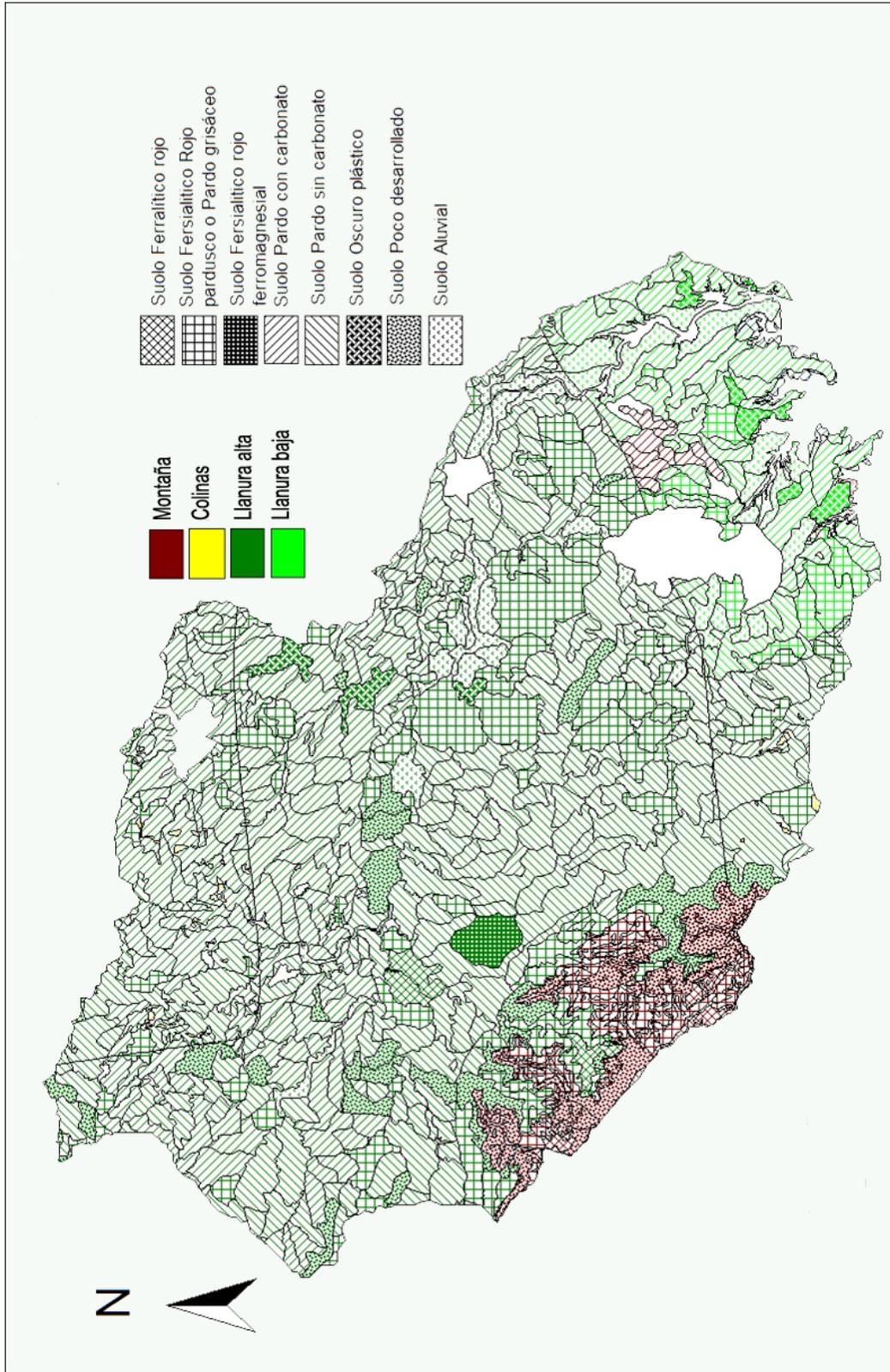


Fig. 14: Carta de Paisajes. Subcuencas Tuinucú y Yayabo. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866.

- VII. Llanura alta medianamente húmeda:
 - VII.3 con suelos Fersialíticos pardo rojizo o Pardo grisáceo,
 - VII. 5. con suelos Pardo con carbonatos,
 - VII. 6. con suelos Pardo sin carbonatos,
 - VII. 10. con suelos Poco Desarrollados,
- VIII. Valles fluviales medianamente húmedos:
 - VIII: 3. con suelos Fersialítico pardo rojizo o Pardo grisáceo,
 - VIII. 5. con suelos Pardo con Carbonatos,
 - VIII. 6. con suelos Pardo sin Carbonatos,
 - VIII. 12. con suelos Aluviales,
- IX. Llanura con humedad fluctuante artificial:
 - IX. 5. con suelos Pardo con Carbonatos,
 - IX. 8. con suelos Oscuro plástico no gleyzados,
 - IX. 12. con suelos Aluviales,
- X. Llanura baja medianamente húmeda:
 - X. 3. con suelos Fersialítico pardo rojizo o Pardo grisáceo,
 - X.5 con suelos Pardo con Carbonatos,
 - X.6 con suelos Pardo sin Carbonatos,
 - X. 7. con suelos Húmico Carbonáticos,
 - X. 8. con suelos Oscuro plástico no gleyzados,
 - X. 12. con suelos Aluviales.

4.2. Dinámicas de variación del uso del suelo

El cambio en el uso del suelo, es el resultado de la compleja interacción de la sociedad con el paisaje. El potencial del paisaje, es valorado como fuente de beneficios a un determinado costo para las actividades más rentables, en complejas condiciones de derechos legales, propiedad y capital de inversión.

Además, también influye el empirismo asociado a la experiencia tradicional que deja su huella en la transformación. Este empirismo conservador, nace de los errores históricos cometidos en la gestión de los paisajes en cada localidad. Influye en que no se establezcan las transformaciones de uso encaminadas a un mejor aprovechamiento del potencial del paisaje. El cambio de uso desde 1956 hasta el 2002, implicó una transformación de los principales índices del paisaje del área (TABLAS 4 Y 5).

En el año 1956 (FIGURA 16), predominaba el uso del suelo en la caña de azúcar, que formaba la matriz principal de uso de suelo. Los cultivos varios, se concentran en la zona de Cabaiguán y alrededor de la ciudad de Sancti Spiritus. Los bosques en el borde sur de la cuenca del río Yayabo.

El análisis de la fragmentación de las clases y su geometría por el índice de compacidad para el 1956 (FIGURA 15), en cierto modo caracteriza la gestión. Los bosques tienen alta fragmentación y bajo índice de compacidad, típico de un empleo asociado a los rasgos naturales que este uso hereda en sus límites e interiores, como son los ríos, las inclinaciones fuertes y la distribución de los suelos de baja capacidad productiva.

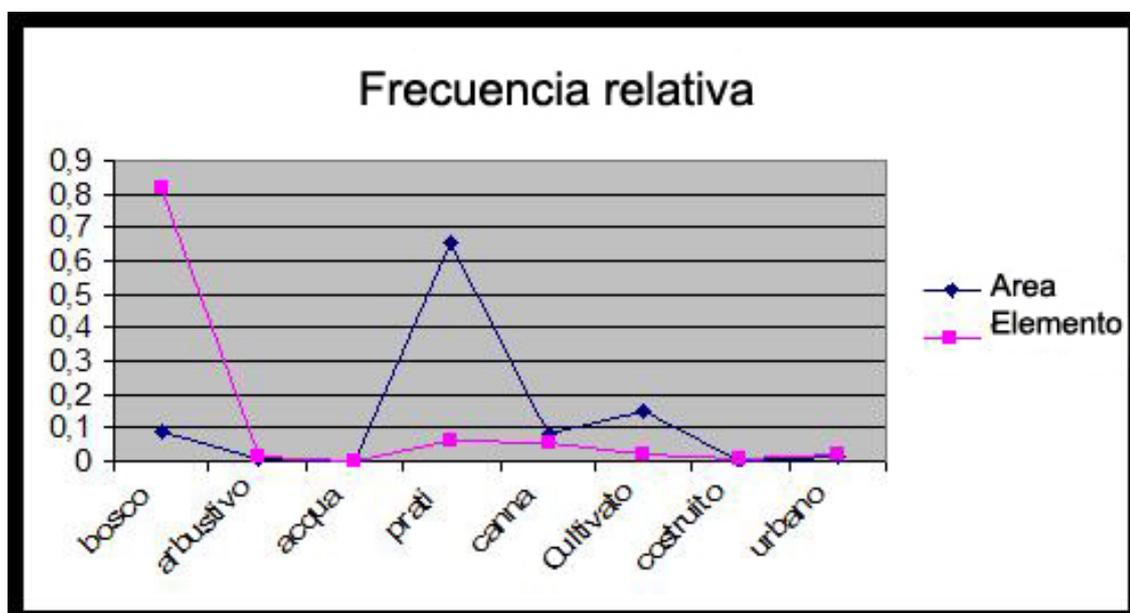


Fig. 15: Relación entre la frecuencia relativa de elementos por clases (FRE), y la frecuencia relativa de las áreas de las clases (FRA). Para el uso de suelo de 1956.

Tabla 4: Caracterización del uso del suelo por componentes, año 1956

	bosques	matorrales	agua	pastos
Media	76414,8375	413115,109	72701,5925	176912,017
Mediana	19739,9041	136930,563	72701,5925	3491,23682
Desviación estándar	255831,525	852494,4	25070,3076	535233,963
Rango	5130724,5	3072270,28	35454,769	2879205,21
Mínimo	1216,35657	21221,0795	54974,208	0,21667481
Máximo	5131940,85	3093491,36	90428,9771	2879205,42
Suma	48217762,5	4957381,31	145403,185	5838096,57
Cantidad de elementos	631	12	2	33
FRAC	1,56151637	1,3697109	1,31388148	1,42131767
IC	0,0246873	0,20508932	0,54875533	0,05571593
Frecuencia de elementos	0,8335535	0,01585205	0,00264201	0,04359313
Frecuencia de area	0,08665402	0,0089091	0,00026131	0,01049187
IF	9,61932904	1,77930908	10,1106377	4,15494367
	caña	cultivado	construido	urbano
Media	1094943,89	4666334,29	136738,718	533991,147
Mediana	302419,06	140353,677	71712,7233	110629,139
Desviación estándar	2332737,05	10684051,2	162103,18	940070,179
Rango	11805507	38736511,2	351902,406	3033626,73
Mínimo	5872,71936	54,3892822	25813,5099	3477,96436
Máximo	11811379,7	38736565,6	377715,916	3037104,69
Suma	45987643,2	83994017,3	546954,873	8009867,21
Cantidad de elementos	42	18	4	15
FRAC	1,40528814	1,37087169	1,33772178	1,36481597
IC	0,09926774	0,12026998	0,38078631	0,19512842
Frecuencia de elementos	0,05548217	0,02377807	0,00528402	0,01981506
Frecuencia de area	0,08264618	0,15094892	0,00098295	0,01439484
IF	0,67132159	0,15752396	5,37564982	1,37653867

Tabla 5: Caracterización del uso del suelo por componentes, año 2002

	bosques	matorrales	agua	pastos
Media	46590,6061	135691,057	756560,479	184098,689
Mediana	4500,21509	22500,6763	720,585205	5400,08032
Desviación estándar	168304,005	1447850,49	3429318,16	1967013,73
Rango	1777189,74	32190967,2	19686554,5	38712877,2
Mínimo	0,00012207	255,220215	2,28710938	0,00866699
Máximo	1777189,74	32191222,4	19686556,8	38712877,2
Suma	6848819,1	74358699,2	31775540,1	102174773
Cuenta	147	548	42	555
frec de area	0,01237443	0,13435114	0,05741198	0,18460916
frecuencia de individuos	0,08414425	0,3136806	0,02404121	0,31768746
FRAC	1,53441889	1,5836114	1,40809122	1,49636711
IC	0,1044306	0,07672051	0,05285132	0,06569803
IF	6,79984733	2,33478179	0,41874909	1,7208651
	caña	Cultivado	construido	urbano
Media	309277,976	977825,571	64858,7547	1460947,12
Mediana	6299,53357	2454,23193	34336,4675	107134,531
Desviación estándar	1618564,01	13761324,3	89921,5205	4273448,13
Rango	17260678,8	224169838	190750,882	18015783,4
Mínimo	0,08190918	0,00500488	5,60083008	7651,85986
Máximo	17260678,9	224169838	190756,483	18023435,2
Suma	51649422	260101602	259435,019	26297048,1
Cuenta	167	266	4	18
frec de area	0,09332007	0,46995102	0,00046875	0,04751345
frecuencia de individuos	0,09559244	0,15226102	0,00228964	0,01030338
FRAC	1,4316534	1,41164946	1,3441513	1,33380482
IC	0,4149296	0,01789359	0,0364594	0,20473709
IF	1,02435037	0,32399338	4,88459901	0,2168518

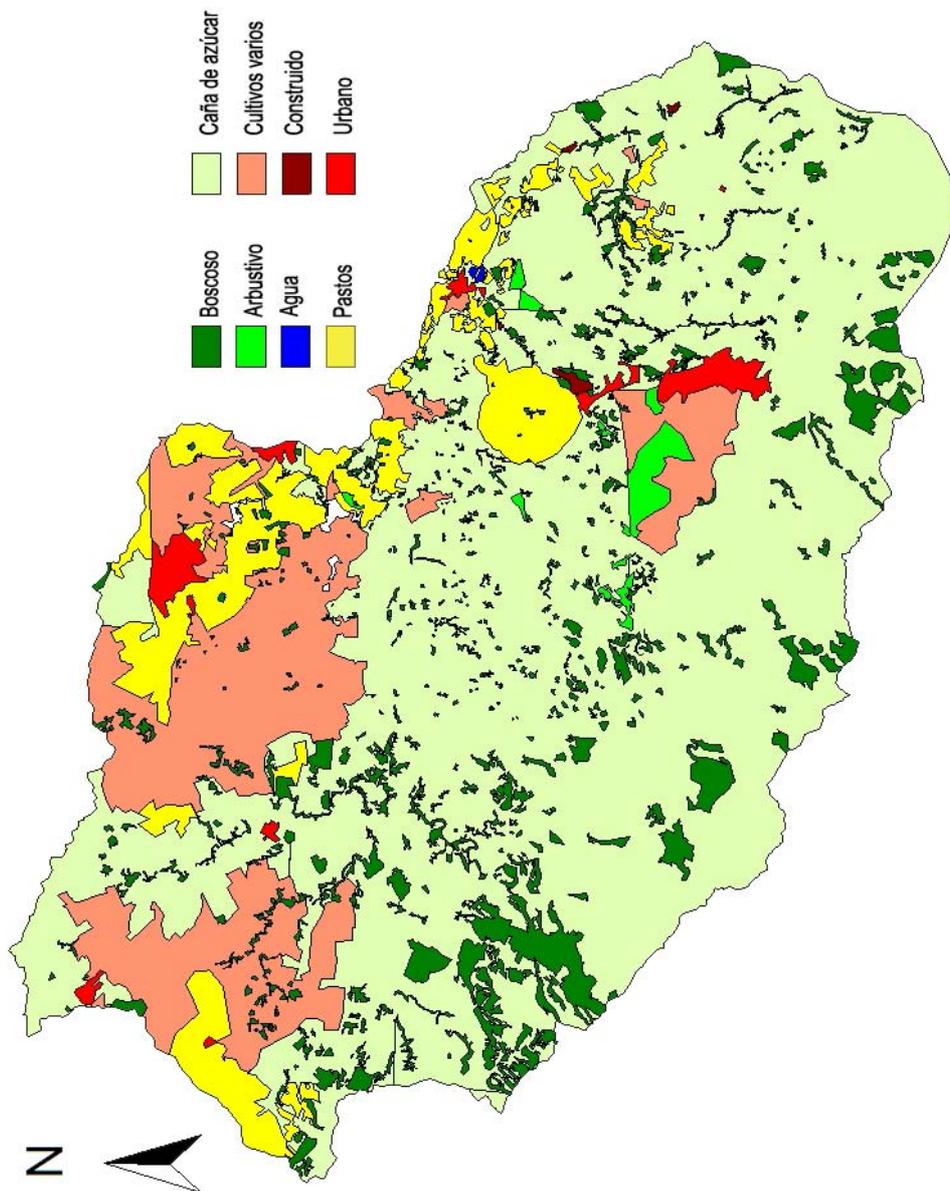


Fig. 16: Carta de Uso de Suelos del 1956. Subcuencas Tuinucú-Yayabo. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866.

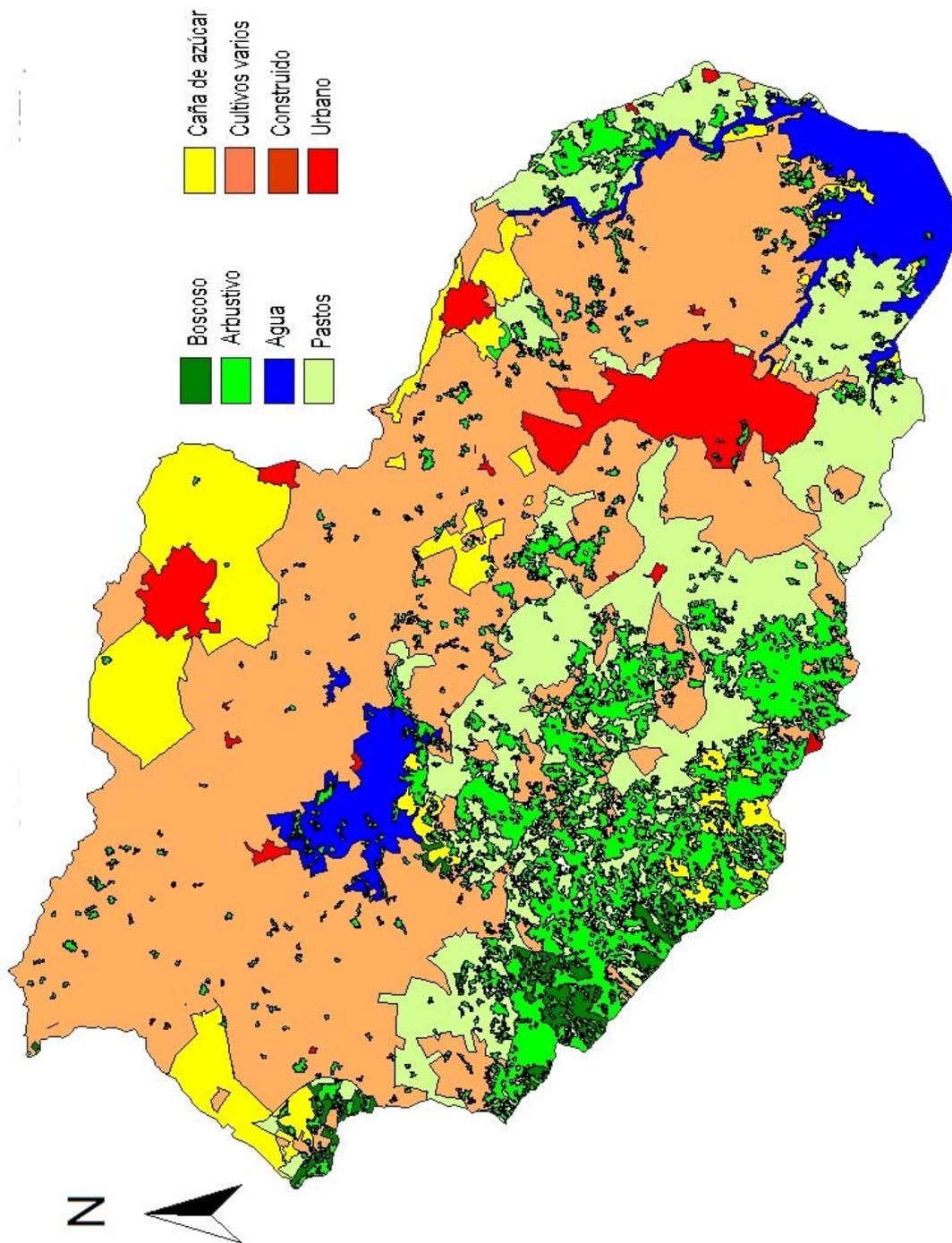


Fig. 17: Carta de Uso de Suelo del año 2002. Subcuencas Tuinucú-Yayabo. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866.

En las figuras 17 y 18, se destacan las diferencias entre los diversos usos del suelo para el uso actual. Los bosques, con baja extensión, tienen un alto número de entidades, ellos representan los relictos de los antiguos bosques que ocuparon toda el área. Se distribuyen a lo largo de las orillas de los ríos y en pequeñas áreas de propiedad privada. Los matorrales tienen baja distribución con respecto a los otros usos. Se debe a la gestión controlada de estas vegetaciones.

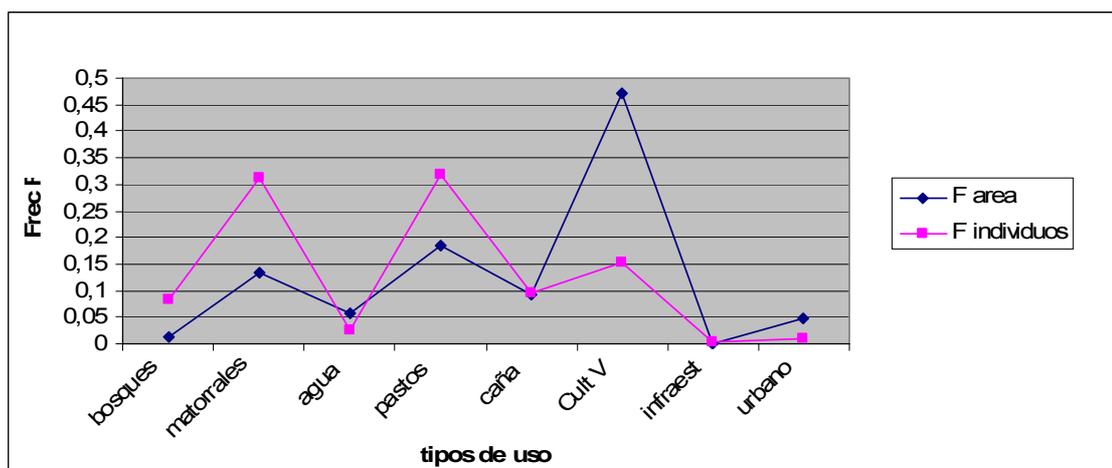


Fig. 18: Relación entre la frecuencia relativa de elementos por clases (FRE), y la frecuencia relativa de las áreas de las clases (FRA). Para el uso de suelo actual.

Los pastos, a pesar de su mayor extensión, ocupan el segundo lugar. Este uso es la actividad económica más antigua del territorio. Ha tenido una dinámica de evolución que le ha otorgado determinadas propiedades de dispersión y compacidad, porque dentro de los cultivos forrajeros, fueron seleccionadas las áreas de mayor rendimiento para ser utilizadas en la caña y el tabaco, actividades que ofrecen mejor remuneración económica por unidad de superficie. La posición del matorral dentro de los usos de mayor intensidad antrópica, confirma el tipo de control de esta vegetación, que queda sólo en los sitios de bajo rendimiento y donde el bosque no se recuperó.

Se observa el cambio total en la distribución de los cultivos, que ocupan intensivamente un alto porcentaje del área de modo concentrado. Los bosques,

disminuyen en extensión, pero sobre todo en el número de unidades. El paso de la pequeña propiedad privada a cooperativas y al proceso de mecanización de los años 80, han homogeneizado el paisaje. Los pastos y los matorrales tienen frecuencias muy parecidas, con bajos porcentajes de área y se comportan con relaciones parecidas.

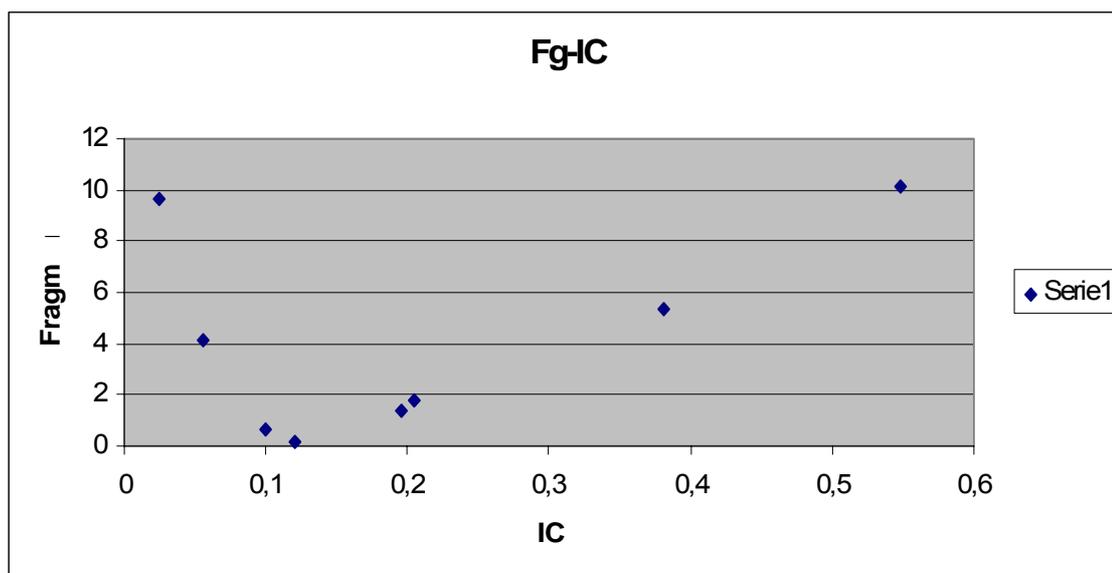


Fig. 19: Distribución de las clases de uso de suelo (1956), de acuerdo a la relación entre su índice de compactación y la fragmentación por clases. Por la posición en el eje X, se organizan: 1: boscoso; 2: Pastos; 3: Caña de azúcar; 4: Cultivos varios; 5: Urbano; 6: Arbustivo; 7: Construido; 8: Agua.

La determinación de la transformación del uso del paisaje, se basa en el análisis de los cambios de uso del suelo en el tiempo. Este análisis se puede hacer en primer lugar a partir del cambio de las propiedades morfológicas de las clases de paisaje (FIGURAS 19, 20 Y 21). En segundo lugar, por el cambio que ocurre en cada área, que se observa en las figuras 16 y 17.

En el primer caso, vemos que en una matriz de fragmentación-compacidad, las series de uso de suelo se organizan de modo diferente en cada periodo. El grado de fragmentación en el eje Y, expresa cómo se distribuye el área de las clases, en una mayor o menor cantidad de entidades. El Índice de Compactación, en el eje X, expresa el grado de compactación de las entidades.

Al intensificarse, y considerando el bosque como estado natural, el grado de transformación se puede valorar en el siguiente modo:

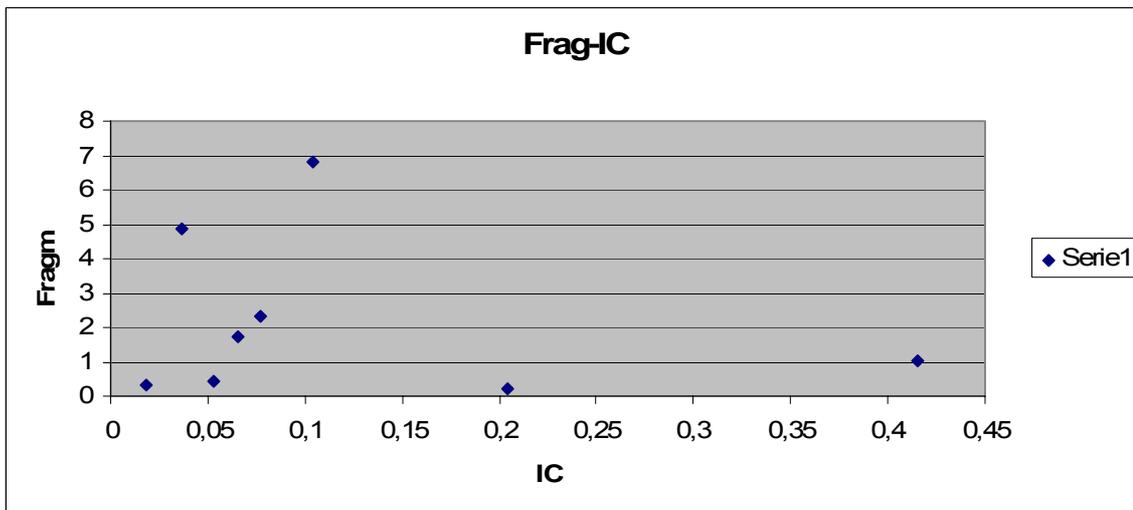


Fig. 20: Distribución de las clases de uso de suelo (2002), de acuerdo a su índice de compacidad y la fragmentación por clases. Por la posición en el eje X se organizan:, 1: Cultivado; 2: Construido 3: Agua; 4: Pastos; 5: Arbustivo; 6: Boscoso; 7: Urbano; 8: Caña de azúcar.

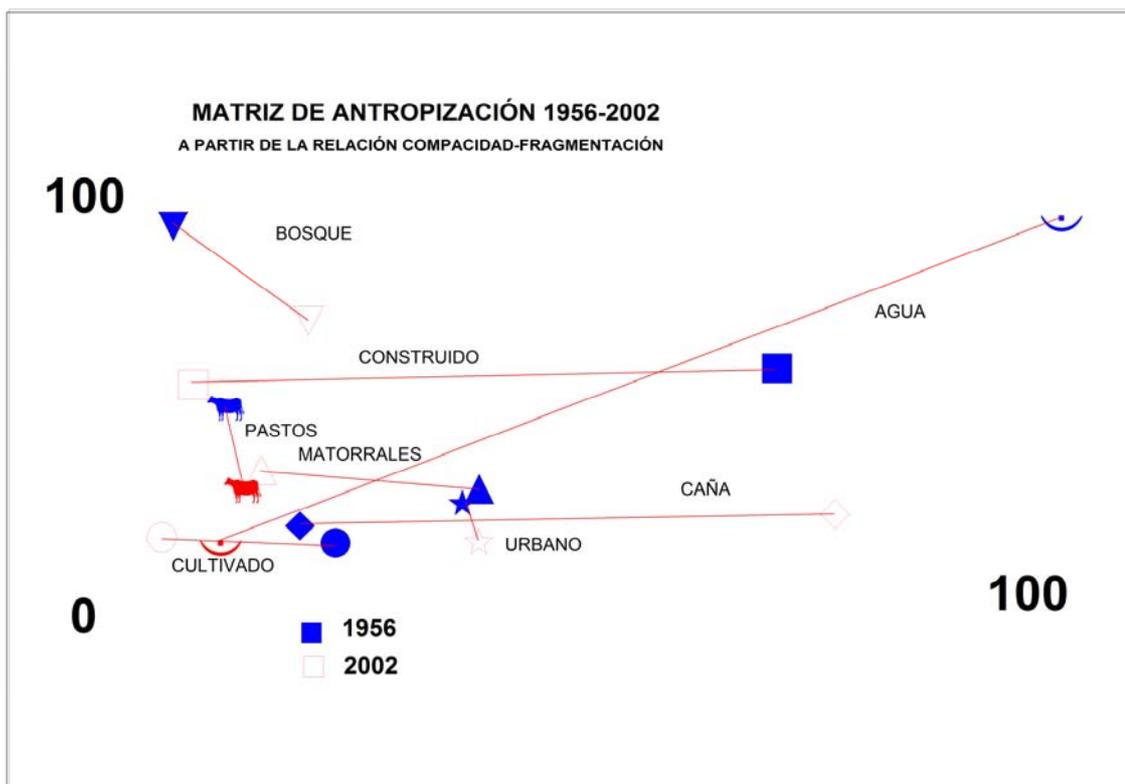


Fig. 21: Representación del cambio de uso del suelo 1956-2002. A partir del Índice de fragmentación (IF) y el Índice de compacidad (IC).

De bosque a matorral: paisajes que manifiestan pérdida de las principales formaciones vegetales, con pérdida en la variedad florística-faunística y consiguiente degradación de la biodiversidad.

De bosque a embalses artificiales para el riego y el uso del agua en la agricultura: pérdida de suelo y de la superficie de los ecosistemas, simplificación del paisaje.

De bosque a pastos: pérdida de biodiversidad por reducción en la composición específica de flora, fauna y suelo, aunque con impactos de intensidades menores.

De bosque a caña de azúcar: impacto medio sobre el suelo - en términos de erosión, compactación, etcétera -, sobre la vegetación, flora, fauna.

De bosque a cultivos de ciclo corto: grave impacto sobre la vegetación, flora, fauna, hasta degradación total del suelo.

De bosque a infraestructura y urbano: afectaciones a la vegetación, flora, fauna, pérdida total del suelo y sus propiedades agrícolas, intensa simplificación del paisaje.

Tabla 6: Matriz de evaluación cualitativa de la transformación de uso del suelo.

	Bosque	Matorral	Pasto	Caña	Cultivos	Agua	Construido	Urbano
Bosque	0	-	--	---	----	-----	-----	-----
Matorral	+	0	-	--	---	----	-----	-----
Pasto	++	+	0	-	--	---	----	-----
Caña	+++	++	+	0	-	--	---	----
Cultivos	++++	+++	++	+	0	-	--	---
Agua	Np	Np	Np	Np	Np	0	Np	Np
Construido	Np	Np	Np	Np	Np	Np	0	0
Urbano	Np	Np	Np	Np	Np	Np	0	0

Intenso: -3 **Poco intenso:** de -1 a -2 **Estable:** 0 **Atenuado:** valores positivos.

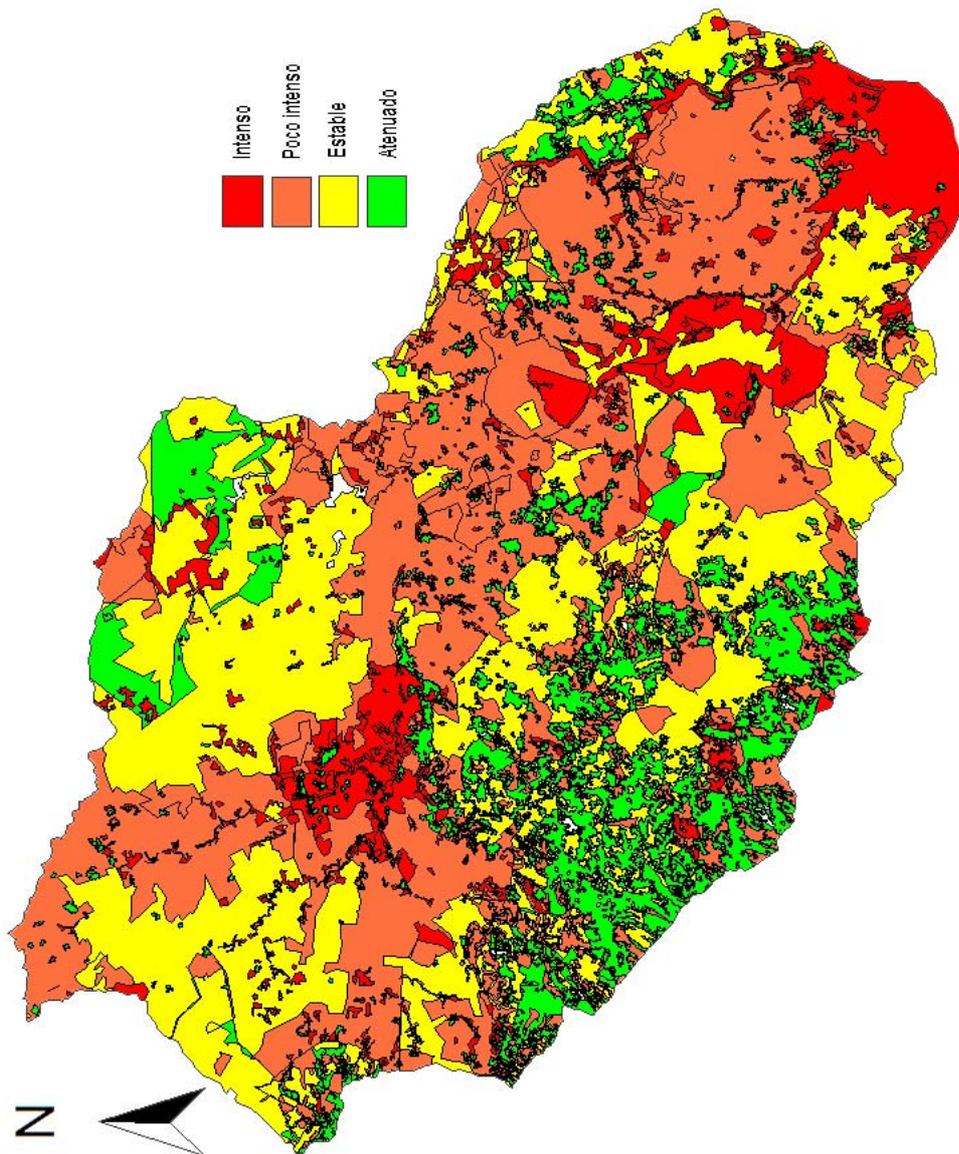


Fig. 21: Carta de las transformaciones del Paisaje en el periodo 1956-2002. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866.

La matriz de antropización es el resultado de la superposición de los gráficos de relación IC-IF, para el 1956 y el 2002. A través de líneas de conexión, se observa cómo ha cambiado la posición de cada uso con respecto a los indicadores. La línea de antropización ideal, es la que se extiende desde el extremo superior izquierdo hacia el inferior derecho. Si tiene el sentido hacia arriba y la izquierda es naturalización, mientras que indica antropización hacia abajo y a la derecha.

El bosque ha disminuí

HABLAR SOBRE LA ANTROPIZACION Y LA TRANSFORMACIÓN DEL PAISAJE.

4.3. Presión antrópica sobre el paisaje

En el período del año 1953 al 2002, se han sucedido varios cambios en la estructura y en la dinámica de la población en el territorio. En los años 60 la natalidad se elevó bruscamente, al mejorar la calidad de vida de los sectores más desfavorecidos de la población; tal tendencia comenzó a disminuir lentamente a partir de los años 70, al mismo tiempo se aceleró el éxodo hacia la ciudad. Actualmente el crecimiento de la población es negativo. En 40 años la población rural, superior al 75 por ciento de la población total, ha disminuido a menos del 25 por ciento. En el mapa de crecimiento de la población, predominan las áreas rurales con disminución de la densidad. Pero esta disminución es baja. Mientras, aparecen los centros urbanos con un crecimiento que llega a superar a los 1000 habitantes por Kilómetro cuadrado. Por tanto no se puede hablar de una disminución de la presión demográfica de los recursos. Al contrario, el sector terciario ha crecido y ha disminuido la cantidad de trabajadores dedicados a la producción agrícola.

También la tradición de agricultura familiar ha perdido parte de su legado y tradición, por la pérdida de interés de las nuevas generaciones de continuar la herencia de cultivar la tierra.

Los centros urbanos de Sancti Spíritus, Cabaiguán y Guayos, han aumentado su población en más de 3 veces. Antiguos pequeños asentamientos rurales como Tuinucú, Santa Lucía, La Aurora, Las Tosas, también tienen una población mayor que en 1956. Y han surgido otros asentamientos donde primera solo existían pequeños núcleos o casas aisladas, como es el caso de La

Trinchera, Cuatro Esquinas de Santa Lucía, Juan González, Trece de marzo, Aramís Pérez y otros.

Otro problema es que la dinámica espacial del proceso de urbanización, es muy diferente en la economía terciaria. El territorio de Cabaiguán que tradicionalmente tuvo alta densidad de población y una economía basadas en la agroindustria tabacalera, ha sido el que se ha urbanizado más. La demanda de empleo ha crecido mucho más que la oferta de trabajo que ofrece la cabecera municipal. Por esta razón una gran parte de la población trabaja en Sancti Spiritus y tiene que moverse diariamente. Lo mismo sucede con Tuinucú, Guayos y otros asentamientos urbanos. Mientras, la economía agraria en aquellos territorios no cuenta con suficiente fuerza de trabajo.

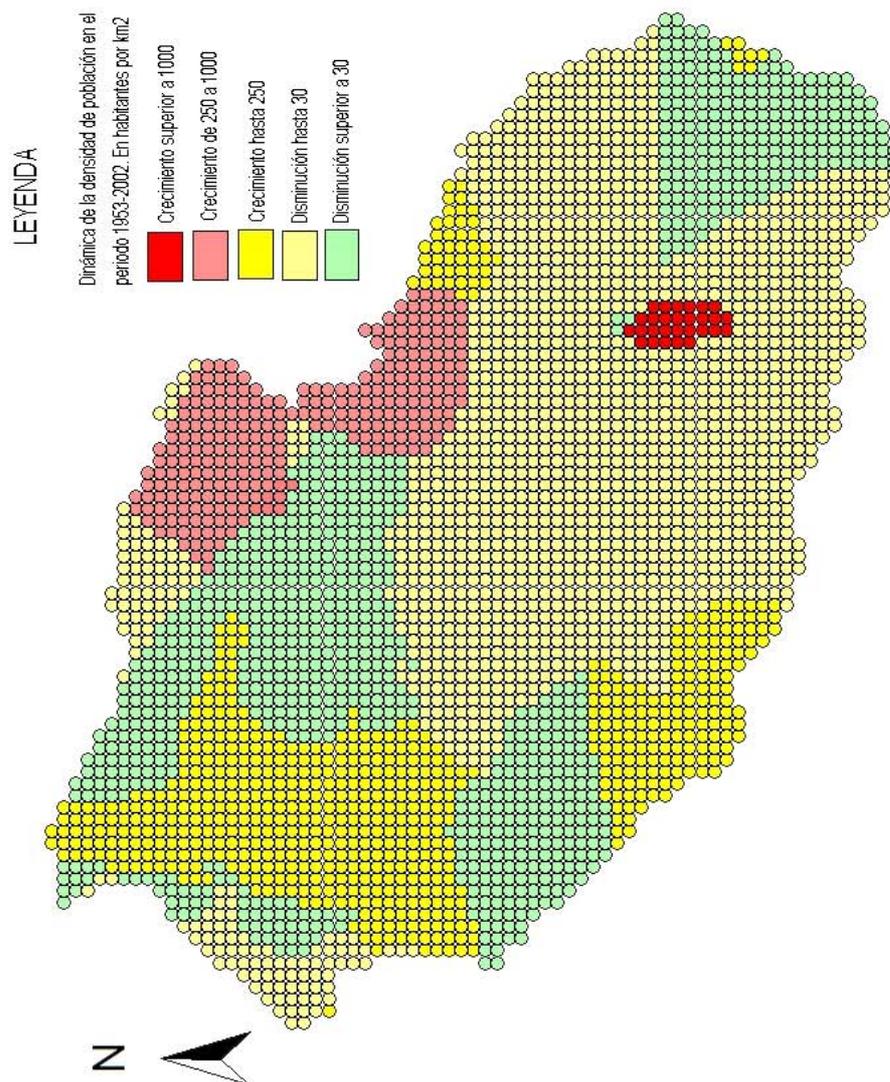


Fig. 22: Carta de crecimiento de la población. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866.

4.4. Análisis Uso Potencial

El potencial se basa en las condiciones agronómicas y las propiedades físicas del suelo. Es la capacidad del paisaje de sustentar una actividad social. De acuerdo a estas condiciones, los suelos del área han sido clasificados en 4 categorías de uso para los diez usos principales.

En 1956, predominaba el empleo del suelo para la ganadería. Fue la principal actividad económica de la región. Le seguía el cultivo del tabaco, en rotación con otros cultivos. Además, en determinadas áreas, la caña de azúcar. Otros empleos fueron los bosques como áreas relictales en las zonas montañosas poco productivas, en las orillas fluviales, o dentro de los sistemas de producción privados, como reservas de madera o sombras de cafetales para el autoconsumo. Los matorrales se asociaron a áreas abandonadas de pastos, o como es evidente, a zonas de marabú (*Dichrostachys cinérea*) que es una planta leñosa indeseable. Pero estos usos de suelo fueron controlados en general de manera tal que sus límites siempre estuvieron bien definidos por las áreas destinadas a cultivo.

La compatibilidad más alta del empleo respecto al potencial se debió al predominio de la cría como a actividad agrícola, para lo que estos suelos generalmente son aptos.

Los cambios en el uso suelo en el período 1956-2002, es el resultado de varios acontecimientos, en primer lugar la reforma agraria que hizo propietarios a los pequeños arrendatarios de tierra, y al mismo tiempo creó unidades de producción estatal.

La mecanización de la producción agrícola se ha desarrollado sobre las áreas de alta productividad y mayor extensión, que se destinaron a monocultivos. Generalmente fueron maquinarias que, junto a la mejoría de la productividad y eficiencia, aumentaron el impacto sobre los suelos por su peso y los tipos de roturación no apropiados para los suelos tropicales. Tal mecanización ha sido acompañada por el aumento del empleo de fertilizantes, desarrollo de sistemas de riego y construcción de embalses artificiales.

La cooperativización agrupó a una gran parte de los pequeños propietarios en cooperativas de producción agropecuarias. Uniendo las mismas tierras y los recursos, los propietarios tuvieron acceso a mayores posibilidades de adquisición de medios de producción y a inversiones. Eso provocó una mayor uniformidad en los usos agrícolas, tendiendo a crear esquemas más simples de producción y cambiando la mentalidad del autoabastecimiento del pequeño productor con la de la participación más activa en los procesos de mercado.

En los años 80, las áreas agrícolas funcionaron como sistemas abiertos, produciendo a partir de una fuerte mecanización, fertilización y participación en el mercado. La ganancia dominó en el sistema de producción de las cooperativas y las empresas estatales. Los precios de los productos y materias primas se mantuvieron. Como consecuencia, en los terrenos de más baja productividad se empezó a sentir el efecto de la explotación excesiva del suelo agrícola.

Los procesos erosivos, la compactación del suelo, la salinización por el riego con aguas subterráneas inadecuadas, empezaron a afectar los rendimientos productivos. Por ejemplo, el ciclo de sustitución de la caña de azúcar pasó de 20 años o más a 5-7 años. Los recursos destinados al mejoramiento de los suelos, eran insuficientes para contrarrestar los efectos del uso intenso al que estaban sometidos.

En los años 90, con el inicio de la crisis económica, aquel estilo de producción fracasó. En adelante los mecanismos económicos precedentes no resultaron eficaces, los suelos dejaron de ser fertilizados excesivamente y los cultivos contaron solo con el humedecimiento natural. Los sistemas de riego dejaron de utilizarse por falta de insumos. La recuperación fue un proceso lento, con la apertura del mercado interior, la aparición de nuevas formas de producción y la reorganización de las formas tradicionales.

Una buena parte de las empresas estatales se convirtieron en Unidades Básicas de Producción Cooperativa, con el arrendamiento a los productores de la tierra y los medios de producción. Las Cooperativas de Producción Agropecuarias

fueron favorecidas con su participación en el mercado, del mismo modo que las Cooperativa de Créditos y Servicios.

El proceso de recuperación económica fue acompañado por el abandono de las tierras de menor rendimiento. Parte de estas y de algunas en producción, fueron invadidas por el marabú, a través de los mecanismos de difusión de esta planta indeseable. Por eso los "marabuzales" (matorrales formados por marabú), poseen propiedades topológicas similares a los paisajes de bosques, alta fractalidad, baja compactación y alta dispersión sobre el territorio.

Pero el elemento principal del cambio fue el proceso de compatibilización del uso del suelo a su potencial. Además, la introducción de tecnologías y variedades de semillas tradicionales, el empleo de medios de control biológico, la aplicación de la agricultura orgánica y la diversificación de los cultivos.

En los 45 años analizados, las tendencias principales en el empleo de los paisajes pueden resumirse:

en 1956 existió una superficie de 318 km² de paisajes agrícolas, en los que se aplicó de algún modo un uso compatible con su potencial. Mientras una superficie de 131 km², fue sobreutilizada.

La incompatibilidad predominante fue en los suelos dedicados a los pastos, con el 30% del área total cubiertas con pastos incompatibles con el potencial, en orden descendente siguen los cultivos varios con el 23% y la caña con el 12,5%.

La economía rural se sustentaba en grandes potreros dedicados a la crianza de ganado mayor, ocupando las llanuras altas y las colinas erosionadas. Perteneían a grandes latifundios en los que los problemas de uso de suelo se solucionaban con la disminución de la densidad del ganado y los bajos costes de producción para un mercado nacional garantizado. La concentración de la producción azucarera en las vecindades de las dos fábricas de azúcar ubicadas en Tuinucú y Guayos, con la posibilidad de adquirir las tierras de suelos de buena calidad que ofrecía los altos beneficios de la industria del azúcar. También con altibajos en la demanda de azúcar y la existencia de las "colonias" de cañaverales que ocupaban una extensión mayor de la necesaria, donde los

problemas de rendimientos se solucionaron a partir del exceso de producción agrícola con respecto de las necesidades de la industria. La tecnología agrícola era escasa, con un bajo empleo de las maquinarias. La mano de obra barata y la escasez de trabajo, hacía más rentable el corte y las labores manuales que la introducción de la mecanización.

Los cultivos varios se asociaban sobre todo a la agricultura del tabaco, el mal estado de las vías de comunicación, hicieron prácticamente imposible orientar la producción de alimentos para las ciudades. Cuba ha sido tradicionalmente un país importador de alimentos. Otras producciones generalmente fueron monocultivos de tomates y a otros productos para la

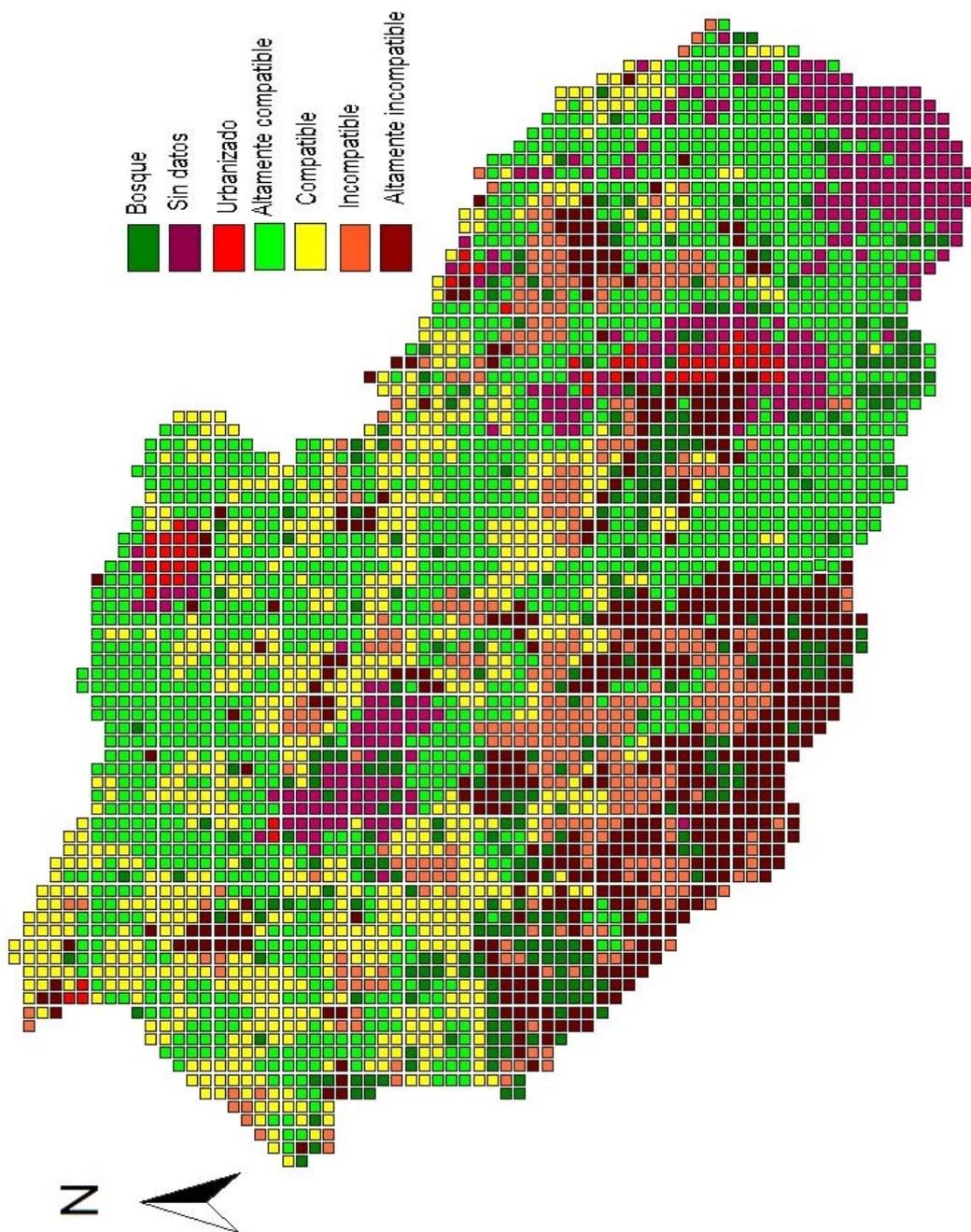


Fig. 23: Carta de Uso-Potencial. Año 1956. Escala 1: 100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke. 1866.

industria alimenticia de la ciudad de Sancti Spíritus, con el objetivo principal de la exportación.

La ganadería y la producción de caña de azúcar se desarrollaban con esquemas extensivos, los beneficios de la producción se basaban en los precios de exportación, por ello, predominaba la superproducción agrícola respecto a la demanda industrial, para aprovechar al máximo las alzas del mercado y enfrentar las bajas con facilidad.

Por otra parte el tabaco es un producto que puede cosecharse y almacenarse en diversas fases de producción antes de alcanzar el producto final. De este modo se explica que existan suelos destinados a un uso incompatible por largo tiempo, con disminución de la producción, pero sin repercusiones negativas sobre la renta agrícola.

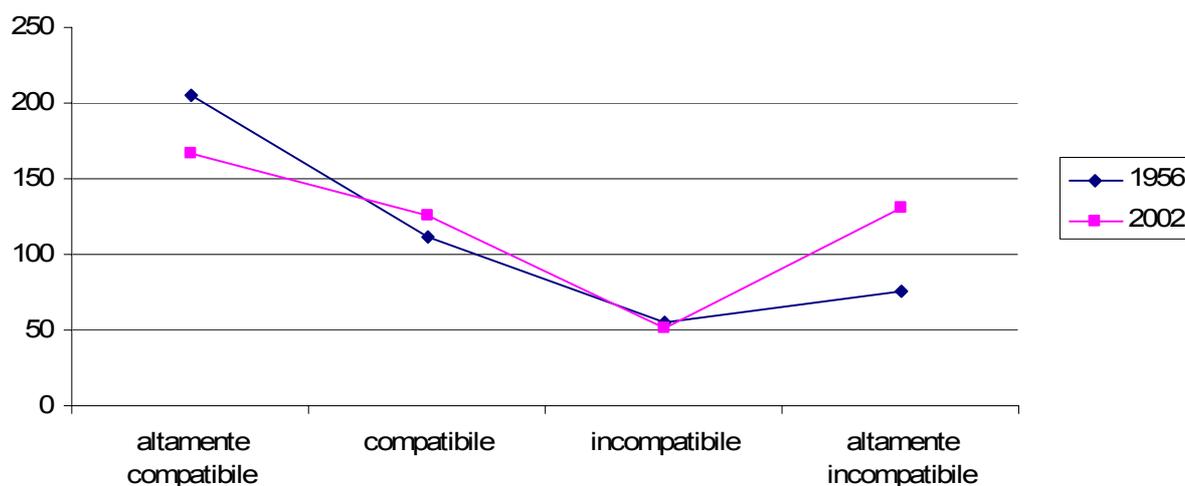


Fig. 24: Variación de la compatibilidad de uso del suelo en el periodo 1956-2002.

En el 2002, los cultivos varios con uso incompatible ocupan el 15,5% de la superficie total. El aumento de la demanda de alimentos provocó el aumento de la producción para el territorio, ocupando para tales fines a áreas que no cuentan con características idóneas para estas producciones. Las áreas con uso incompatible destinadas a pastos, ocupan el 13% del área total y aquéllos destinados a caña superficies iguales al 0,5%. Es el resultado de la continuación de una tradición ganadera y la reconversión de la industria azucarera que ha

reemplazado los cultivos de caña de azúcar a bajo rendimiento por cultivos sustentados por un aumento de la demanda.

El aumento de la superficie de cultivos, incompatibles con el potencial del paisaje, está en que el mercado interior depende en un alto porcentaje de la producción local. Éste ha sido provocado por el proceso de formación de precios que depende principalmente de la relación demanda-oferta local. En los últimos años esta dependencia se ha intensificado, debido a los costos del transporte de alimentos desde otras provincias, por que se han destinado áreas no adaptadas a determinados usos productivos.

El rápido aumento de la población y de las áreas ocupadas por urbanizaciones o espejos artificiales de agua, ha disminuido el área agrícola per cápita. Se observa (Figura 23) que la ciudad de Sancti Spiritus está prácticamente rodeada de áreas con uso incompatible del suelo. La razón de ello, es el conflicto entre el aumento de la población y el predominio de suelos no aptos para la producción de alimentos.

La síntesis de los resultados se evidencia en el mapa de transformación del uso de suelo. Este mapa, sintetiza, los cambios de empleo en el período 1956-2002. Para confeccionarlo, fueron extraídas las áreas no agrícolas actuales, por la imposibilidad de calcular su potencial al no existir los datos. Posteriormente se consideraron 4 categorías de transformación del uso para las áreas agrícolas:

1. paisajes con uso intenso: la explotación histórica es superior a su capacidad de soporte, presenta señales de degradación evidente. La gestión de estos paisajes durante el período se ha caracterizado por una notable tendencia al extensionismo, como respuesta a la baja productividad por área. En los pastos, con la disminución de la cantidad de animales por superficie de cría, en el cultivo de caña de azúcar, con el alargamiento del ciclo de cosecha.

2. paisajes con uso intensificado: En el periodo 1956-2002, el uso de estos se ha intensificado con respecto a su potencial. Expresan una disminución de la productividad, con tendencia a la degradación. Comprenden a los paisajes en que se han incorporado criterios técnicos para la gestión. Son muy dependientes

del riego y fertilización. Presenta compactación en el perfil de suelo y erosión con pérdidas de hasta el 75% del horizonte edáfico.

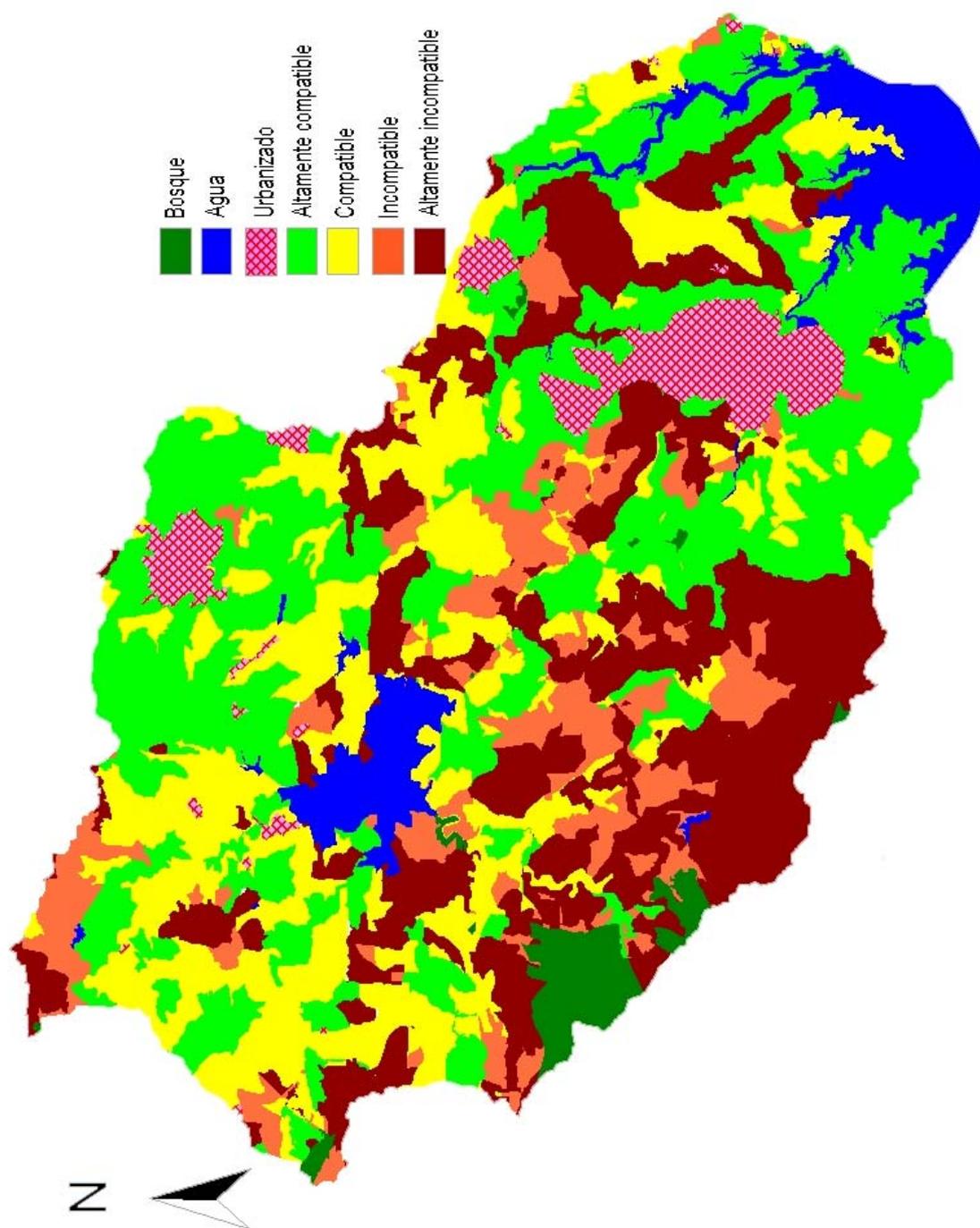


Fig. 25: Carta de Uso-Potencial. Año 2002. Escala 1:100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866.

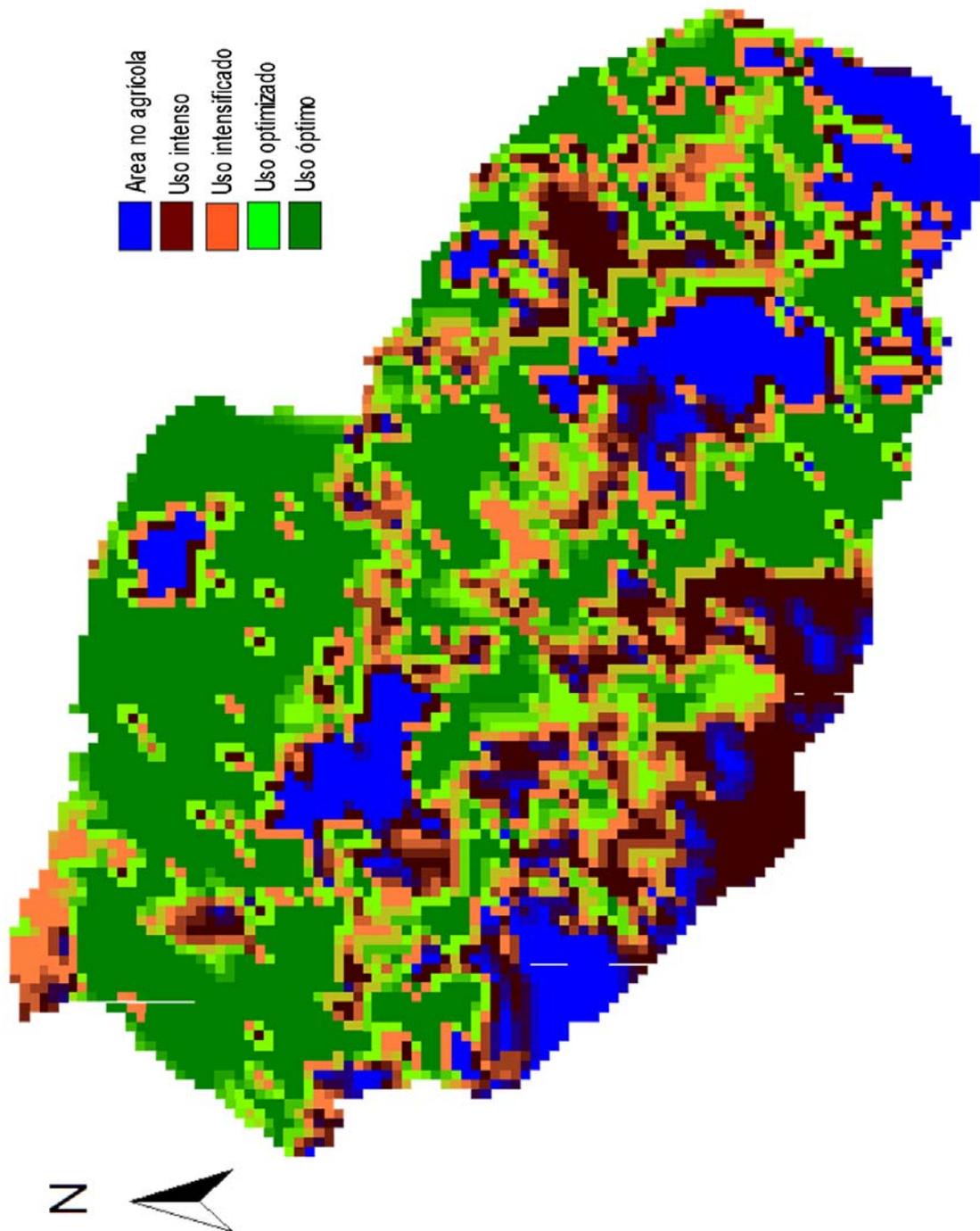


Fig. 26: Carta de la transformación del uso del suelo en el periodo 1956-2002. Escala 1:100 000. Proyección Cónica Conforme de Lambert. Cuba Norte. Coordenadas planas rectangulares. Elipsoide de Clarke, 1866.

3. paisajes estabilizados: son aquellos con una disminución del uso respecto a su potencial. Algunos son áreas de cultivo abandonadas por la pérdida de la productividad y actualmente invadidas de "matorrales."

4. paisajes estables: son aquellos que han mantenido un uso óptimo respecto a su potencial de uso agrícola.

CONCLUSIONES

Como conclusión del trabajo presentado, es posible evidenciar de modo sintético los principales resultados de la investigación.

1. La organización de la información relativa a la cuenca Zaza en un sistema de información politemática, con la revisión de los datos, su expresión espacial y la creación de una base de datos de la cuenca Zaza en entorno GIS, permite contar con un potente instrumento informativo capaz de facilitar los procesos de gestión y planificación del territorio.

2. El índice de compacidad y el índice de fragmentación desarrollados en el curso de esta investigación, son muy útiles para el análisis de la información temáticas en formato de datos vectoriales. Por ejemplo son aplicables a los datos que derivan de los muchos estudios ambientales realizados a Cuba en los años '80. Con estos índices se pueden comparar diferentes informaciones temáticas, desarrollar indicadores sintéticos de la composición y de las propiedades del paisaje y comparar la variabilidad de uso en el tiempo a partir del análisis lógico de la variación posicional de las categorías de uso en el tiempo.

3. Los principales factores de diversidad del paisaje de la cuenca Zaza están representados por:

a. la duración del período de sequía, que como indicador hidroclimático, expresa la diferenciación del paisaje en seco, cuando la duración de la sequía es superior a 3 meses; medianamente húmedo, cuando la duración es de 1 a 3 meses; húmedo, cuando la duración de la sequía es inferior a 1 mes.

b. La relación entre la variabilidad de las pendientes y la altimetría, medida a partir de la correlación de las series de pendientes entre los intervalos altimétricos contiguos, son un indicador de las principales variaciones morfológicas del relieve. Es aplicable a cualquier escala, siempre que se utilice la información apropiada.

c. La diversidad de los tipos de suelos en el área, expresan muchas propiedades invariantes del paisaje, de modo sintético, como las estructuras geológicas, la composición de la roca, la dinámica de los procesos exógenos y de los flujos geoquímicos.

4. La relación Uso/Potencial dentro del paisaje de las cuencas de según orden Tuinucú-Yayabo, en el período 1956-2002, ha cambiado bajo la influencia de complejos procesos, como por ejemplo:

a. la presencia de una estructura agraria persistente en el tiempo donde predominó la ganadería como actividad principal, ocupando los suelos de mayores limitaciones en las llanuras, colinas y montañas; las áreas de cultivo de la caña de azúcar se concentraron en los mejores suelos cercanos a las fábricas de azúcar; las áreas de cultivo del tabaco, se mantienen con este uso en el tiempo, sobre suelos de buena calidad.

b. el profundo cambio de la estructura de la población durante el período considerado, con la concentración urbana que del 25% ha llegado al 75% de la población total. Ello ha provocado el aumento de la demanda de productos alimenticios locales y la disminución de la cantidad de productores agrícolas.

c. la transición de una economía agraria orientada a la exportación de productos específicos: azúcar, carne y tabaco, a una economía agraria productora de alimentos para el mercado interior, incapaz de responder a las necesidades del territorio, determinando un aumento de la intensidad de uso de los suelos por la incorporación de sistemas de producción intensiva, con mayor consumo de fertilizantes, riego artificial e incremento del empleo de la mecanización. Los suelos tropicales, son incapaces de absorber los impactos engendrados por una agricultura de tal género.

d. la crisis económica de los años '90, que desarticuló los sistemas agrarios descritos y favoreció la invasión de especies de plantas indeseables como el "marabú"

En consideración de arriba expuesto, se pueden distinguir 4 tipos de paisajes:

Paisajes sometidos a uso intenso: la explotación histórica ha sido superior a su capacidad de soporte, presenta hoy señales de degradación evidente. La gestión de estos paisajes en el período considerado se ha caracterizado por una neta tendencia a la extensión de la superficie, como respuesta a la baja productividad. En los pastos, con la disminución de la cantidad de animales por superficie, en el cultivo de caña de azúcar, con el alargamiento del ciclo de cosecha.

Paisajes con uso intensificado: en el período 1956-2002, el uso de estos, se ha intensificado en relación a su potencial. Expresan una disminución de la productividad, con tendencia a la degradación. Comprenden aquellos donde se han aplicado criterios tecnocráticos de gestión. Son muy dependientes del riego y de la fertilización. Presenta compactación en el perfil del suelo, erosión con pérdida hasta de hasta el 75% del horizonte edáfico.

Paisajes estabilizados: son aquellos donde ha ocurrido una disminución de la intensidad de uso con respecto a su potencial. Algunos son representados por antiguos cultivos que han sido abandonados por la pérdida de la productividad y ahora son invadidos por los "matorrales."

Paisajes estables: son aquellos que han mantenido un empleo óptimo en relación a su potencial agrícola.

5. Las ciencias que estudian el paisaje pueden utilizar métodos de análisis sintético de las propiedades emergentes del paisaje local. Este enfoque, es necesario metodológicamente para la práctica social necesaria en el desarrollo local, en el que las diversas disciplinas científicas deben participar junto a los actores del desarrollo y las entidades administrativas en la construcción de alternativas a partir de la identidad territorial.

BIBLIOGRAFÍA

AAVV. 1998. "Mapa Geológico de la República de Cuba". Instituto de Geología y Paleontología, Cuba.

AAVV. 2002. "Cartografía y propiedades de los suelos de la provincia de Sancti Spiritus". Informe final de proyecto. Departamento de Suelos y Fertilizantes. Delegación del Ministerio de la Agricultura. Sancti Spiritus.

Bastian O. 1993. "The assesment of landscape habitat value at different scales". Acta Geographica Debrecina, T. XXX-XXXI, Debrecen, pp 29-45.

Beroutchashvili N. y G. Bertrand. 1978. "Le Géosystème ou système territorial naturel". Revue Géographique des Pirénées et du Sud-ouest, Tome 49, fasc. 2, Toulouse, pp 167- 180.

Bertrand G. 1968. "Paysage et geographie physique globale. Esquisse methodologique". En: Revue Geographique des Pirenées et du Sud-Ouest, Tome 3, fasc. 3, Toulouse, pp 249-272.

Blair S. y O. Garrido. 1999: A new snake of the Genus tropidophis (Tropidophiidae) fron Central Cuba. Journal of herpetology, Vol 3 (Sep.,1999), pp 436-441.

Boisier S. 2002: "¿Y si el desarrollo fuera una emergencia sistémica?" Documento de trabajo N. 6. Instituto de Desarrollo Regional. Fundación Universitaria. Sevilla, España.

Boisier S. 1998. "Post-scriptum sobre desarrollo regional: Modelos reales y modelos mentales". Anales de Geografía de la Universidad Complutense. Madrid, Núm 18, p.p. 13-35.

Capote R. y R. Berazain. 1984. "Formaciones vegetales de Cuba". Rev. Jard. Bot. Nac. Univ. Hab. 5(2): 15-98.

Ceballos O. y F. Pérez. 2003. "Climatología general de la cuenca del río Zaza". Informe de investigación. Centro meteorológico provincial, Sancti Spiritus

AAVV. 2004. "Situación Ambiental Cubana". Ministerio de la Ciencia, la Tecnología y el Medio Ambiente. La Habana. Cuba.

Díaz J. A. Magaz, J.L. Portela, O. Bouza y J. Hernández. 1990. "El relieve de Cuba". Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio. No. 18. La Habana. pp 33 - 44.

Domínguez A. 1991a. "Geografía y Agricultura en el municipio de Taguasco, provincia de Sancti Spiritus". Departamento de Geografía. ISP de Sancti Spiritus, Sancti Spiritus (Inédito). 74 pp.

Domínguez A. 1991b. "El Medio Ambiente y el Medio Geográfico, como categorías operativas". Material didáctico para la docencia de postgrado y las investigaciones. Ministerio de Educación. La Habana. 37 pp.

Domínguez A. 2003. "Análisis y diagnóstico geocológico de los paisajes en la provincia de Sancti Spiritus". Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en ciencias geográficas. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana. 113 páginas.

Donzelli C., M. Petruszewicz y C. Rusconi. 1999. "A través de las fronteras". México.

Gallopin G. 1986. "Ecología y ambiente". En: Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo. Siglo XXI Editores. México D.F. pp 126 - 172.

Gershenson C. 2001. "Filosofía de la mente e inteligencia artificial". <http://www.cogs.sussex.ac.uk>.

González I., A. Hernández y D. Troche. 1999. "Metodología para la confección de la cartografía en los estudios geográficos integrales con el empleo de la fotointerpretación digital". Fondos de la Empresa Geocuba Villaclara-Sancti Spiritus.

González I., A. Orozco, B. Pérez y A. Domínguez. 1999. "Diversidad natural de la cuenca Zaza". Informe final de investigación. Unidad Provincial de Medio Ambiente. Sancti Spiritus.

González I., A. Orozco, B. Pérez, A. Domínguez, y O. Romeo. 2000. "Estudio geográfico integral del Área de recursos manejados Jobo Rosado". Empresa Nacional para la Protección de la flora y la fauna. Sancti Spiritus.

González I., A. Domínguez y D. de la Calle. 2000. "La transformación antrópica de los paisajes de Trinidad, entre los siglos XVI y XIX". Revista Siga la Marcha, No. 14 - 16. Sancti Spíritus. pp 41- 43.

González I., B. Pérez, A. Orozco y O. Romeo. 2001 (a). "Estudio geográfico integral del Refugio de fauna Cerros de Fomento". Informe de investigación. Agencia Geocuba. Sancti Spíritus.

González I., B. Pérez, A. Orozco y O. Romeo. 2001 (b). “Estudio geográfico integral del Refugio de fauna Tunas de Zaza”. Informe de investigación. Agencia Geocuba. Sancti Spíritus.

González I., B. Pérez, A. Orozco y O. Romeo. 2001(c). “Estudio geográfico integral del Refugio de fauna Cayos de Piedra”. Informe de investigación. Agencia Geocuba. Sancti Spíritus.

González I., A. Orozco, B. Pérez y O. Romeo. 2002 (a). “Estudio geográfico integral del Refugio de fauna Lebrija”. Informe de investigación. Agencia Geocuba. Sancti Spíritus.

González I., A. Orozco, B. Pérez y O. Romeo. 2002 (b). “Estudio geográfico integral de la Reserva Ecológica Montañas de Banao”. Informe de investigación. Agencia Geocuba. Sancti Spíritus.

Hernández J., R. González y F. Arteaga. 1989. “Diferenciación estructuro-geomorfológica de la zona de sutura de la microplaca cubana con la placa Caribe”. Editorial Academia. La Habana. 48 pp.

Hernández J. et. Al. 1995. “Rasgos estructuro-geomorfológicos del fondo de los mares y océanos circundantes a Cuba”. Revista Ciencias de la Tierra y el Espacio. No. 23-24. La Habana.

Iturralde-Vinent M. 1981. “Naturaleza geológica de Cuba”. Editorial Científico-Técnica, La Habana. 146 pp.

Kostrowicki A. 1990. „Ecological management of landscape”. AKAPIT- DTD. Warsaw,Poland, 195 pp.

**Marani M. 2004. "Processi e modelli dell'idrometeorologia: un'introduzione".
<http://www.unipd.it/marani/idrologia>.**

Mateo J. 1988. "Fundamentación teórica". En: La transformación del medio geográfico en Cuba. Memorias del Primer Taller Internacional. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana. La Habana. pp 7-13.

Mateo J. C. Cruz, E. Ponce de León, R. González, E. Fernández y A. Fernández. 1995. "Pensar el ambiente". En: Revista Temas. No 3. La Habana. pp 69-87.

ONU. 1986. "Declaración sobre el derecho al desarrollo".

PNUD. 1990. "Informe de desarrollo humano". Bogotá, Tercer Mundo Editores.

Preobrazhenskii V. y T. Aleksandrova. 1988. "Fundamentos geocológicos de la proyección y la planificación territorial". Editorial NAUKA. Moscú. 114 pp.

Rashevsky N. 1956. "Topology and life: In search of general mathematical principles in Biology and Sociology". General Systems, I. pp 128-138.

Richling A. 1983. "Métodos de investigación del estudio de las interdependencias entre los componentes del medio geográfico". Prace i Studia Geograficzne. t. 4. Varsovia. pp 23-36.

Ricotta C., P. Corona y M. Marchetti. 2003. "Beware of contagion". Landscape and urban planning. 173-177.

Salinas E. 1991. "Análisis y evaluación de los paisajes en la planificación regional en Cuba". Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Geográficas. Facultad de Geografía, Universidad de la Habana (Inédito), 187 pp.

Salinas E. 1997. "Planificación Ambiental y Ordenamiento Geoecológico". Conferencia Magistral impartida en el II Taller Internacional sobre Ordenamiento Geoecológico de los Paisajes. En: "Cuba al Día", Año VII, (37-38), pp 7-11.

Shannon, C. Y W. Weaver. 1949. "The mathematical theory of communication". Urbana. University of Illinois press.

Solntsev V. 1981. "La concepción poliestructural del agropaisaje". En: Cambios del medio natural. Aspectos globales y regionales. Editorial de la Universidad de Moscú. Moscú. pp 17-28.

Tomassini L. 2000. "El giro cultural de nuestro tiempo". En: Kliksberg B. y L. Tomassini. Capital social y cultural: claves estratégicas para el desarrollo. Washington, BID.

Viktorov A. 1986. "La imagen del paisaje". Editorial Mir. Moscú. 179 pp.

Von Bertalanffy L. 1975. "Perspectives on General Systems Theory". Scientific-Philosophical Studies. E. Taschdjian (eds.), New York. George Braziller. ISBN 0-8076-0797-5.

Wiener N. 1948. "Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine".