



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS
VERITATE SOLA NOVIS IMPONETUR VIRILISTOGA. 1948

MANEJO SOSTENIBLE DE LA SUBCUENCA RANCHUELO EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA SAGUA LA GRANDE

**Tesis presentada en opción al grado académico de Maestro
en Agricultura Sostenible**

Autor: Lic. Rafael Más Martínez

Tutores: Dr. C. Luciano Vidal Díaz

Dr. C. Ricardo Dueñas García

Villa Clara

2008

INDICE

	Págs.
1. Introducción.	1
2. Revisión bibliográfica.	4
2.1. La cuenca hidrográfica.	4
2.1.1. Definiciones de cuenca hidrográfica.	4
2.1.2. Importancia del estudio de una cuenca hidrográfica.	5
2.1.3. Principales problemas de las cuencas con asentamientos humanos.	6
2.1.4. Enfoque actual de los objetivos en la planificación del manejo de cuencas.	7
2.1.5. Manejo de cuencas, subcuencas y microcuencas.	8
2.1.6. Antecedentes del manejo integrado de cuencas en Cuba.	9
2.1.7. Los Recursos Hídricos.	11
2.1.8. Importancia del Diagnóstico.	12
2.1.9. Ordenación en función del medio ambiente.	12
2.2. Sistemas agrícolas sustentables. Estabilidad de los sistemas agrícolas.	13
2.3. Evaluación de tierras.	19
2.3.1. Método de evaluación de tierras.	20
2.3.2. Esquema de evaluación de tierras de la FAO	21
2.3.3. Sistema automatizado para la evaluación de tierras (ALES)	22
2.3.4. Evaluación de tierras en Cuba.	23
2.4. Los Sistemas de Información Geográfica.	24
2.4.1. Definición de SIG.	24
2.4.2. Solución de problemas usando SIG.	25
2.4.3. Ventajas de la aplicación de los SIG.	25
2.5. El carbono en el suelo y los cambios globales.	26
2.6. La Reserva de Carbono Orgánico del Suelo (RCOS)	27
3. Materiales y Métodos.	29
3.1. Diagnóstico de la Subcuenca Ranchuelo	
3.1.1. Criterios utilizados para la clasificación de la Subcuenca.	29

	Págs.
3.1.2 Método utilizado para la determinación de la Situación Geográfica.	29
3.1.3. Método para la caracterización físico - geográfica de la Subcuenca Ranchuelo.	29
3.1.4. Caracterización de la flora.	31
3.1.5. Métodos y fuentes de obtención de datos para la ejecución de la caracterización socio – cultural.	31
3.1.6. Métodos para la identificación de los principales problemas ambientales.	32
3.2. Estudio del Medio Físico Agua.	32
3.3. Clima.	32
3.4. Estudio del medio físico suelo.	32
3.5. Evaluación de la aptitud física de las tierras.	33
3.5.1. AGRO 24	33
3.5.2. CERES	34
3.6. Sistema de información geográfica.	34
3.7. Evaluación del agroecosistema.	34
4. Resultados y Discusión.	36
4.1. Caracterización de la Subcuenca Hidrográfica Ranchuelo	36
4.1.1. Clasificación.	37
4.1.2. Clima.	37
4.1.3 Características generales de la vegetación de la subcuenca.	39
4.1.4. Análisis de la cobertura boscosa en la Subcuenca.	40
4.2. Red hidrográfica en el área de la cuenca.	41
4.2.1. Potencial hidrogeológico.	42
4.2.2. Acuosidad y Abasto de agua	42
4.2.3. Abasto de agua en la agricultura.	43
4.2.4. Análisis del consumo de agua en la empresa Ifraín Alfonso.	43
4.2.5. Solución de residuales.	43
4.2.6. Morbilidad.	43
4.2.7. Contaminación de las fuentes de abasto.	44

	Págs.
4.2.8. Indicador de la disponibilidad de agua por habitante	45
4.2.9 Cálculo de la demanda potencial total	46
4.3 Suelos y uso actual.	46
4.3.1. Caracterización de los suelos de la subcuenca hidrográfica de Ranchuelo.	47
4.3.2. Agrupamiento de suelos Pardos.	48
4.3.3. Agrupamiento de suelos Húmico Sialítico.	49
4.3.4. Agrupamiento de Vertisoles.	51
4.3.5. Agrupamiento de suelos Fersialíticos	52
4.3.6. Mapa Digital de Suelos	53
4.3.8. Confección del modelo 3D	54
4.3.9. Principales factores edáficos que limitan el desarrollo de los cultivos.	55
4.4. Aptitud de la tierra para los diferentes cultivos en la subcuenca Ranchuelo.	56
4.4.1. Análisis de la producción potencial de las tierras para el cultivo de la caña de azúcar.	58
4.4.2. Mapa de aptitud de las tierras para cultivos de importancia en el territorio.	59
4.5. Estimación de la Reserva de Carbono Orgánico del Suelo (RCOS)	63
4.6. Evaluación de la sostenibilidad del agroecosistema (Modificado de Altieri y Nicols, 2001).	63
4.7. Caracterización Sociocultural.	64
4.7.1 Breve descripción de los Consejos Populares enmarcados en el área geográfica de la subcuenca Ranchuelo.	66
4.7.2. Principales problemas socio-económicos y ambientales.	67
4.8. Evaluación Económica.	68
4.9. Estrategia ambiental para solucionar o mitigar los principales problemas ambientales de la subcuenca.	69

	Págs.
5. Conclusiones.	75
6. Recomendaciones.	77
7. Referencias Bibliográficas.	78

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A todas las personas que a lo largo de mi vida han contribuido a mi educación y formación. A mis profesores de primaria, secundaria, preuniversitario, universidad, enseñanza postgrado y maestría, quienes me han ayudado a ser un investigador defensor del medio ambiente.
- ❖ A mis compañeros del preuniversitario Humbolt 7, quienes conservo con mucho aprecio y cariño.
- ❖ A mis compañeros de estudio de la Universidad Central de las Villas Facultad de Química – Farmacia.
- ❖ Al colectivo de investigadores, especialistas, técnicos y obreros del Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar.
- ❖ Al Dr. Rabel Villegas por toda su generosidad, ayuda y enseñanza brindada durante todos estos años.
- ❖ A los doctores Alberto Hernández y Francisco Bautista por su ayuda e instrucción en la ciencia del suelo.
- ❖ A Gerardo Cervera, Javier Arcia y Rafael Marín por su enseñanza en edafología.
- ❖ Al colectivo de profesores de la Maestría de Agricultura Sostenible de la Universidad Central de las Villas.
- ❖ A mis compañeros de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara – Cienfuegos – Sancti Spíritus, en especial a los de la subdirección de Manejo Agronómico (Bárbara, Everaldo, Emma, Fidel, Isnel, Yoel, Arnaldo, Nadyesca, Amaury y Lorena).
- ❖ A mis compañeros del gobierno municipal de Ranchuelo, su consejo técnico asesor en especial a Yanelys, Lisset y Juan Carlos.
- ❖ A Danilo y Yulexys por su preocupación constante y ayuda.
- ❖ A mis colegas del GEA Villa Clara (Julito, Orlandito y Jorge), por su apoyo en el desarrollo de la proyección territorial en la provincia.
- ❖ Un agradecimiento especial a mis tutores Luciano Vidal Díaz y Ricardo Dueñas García por su apoyo y conducción en la realización de esta tesis.
- ❖ A la Revolución cubana y sus líderes.

DEDICATORIA

- ❖ A mis padres Gladys y Rafael por su apoyo, dedicación y entrega permanente a lo largo de mi vida.

- ❖ A mis hijas Arlettis y Arleen, quienes son mi esperanza y mi futuro.

- ❖ A mi esposa Marvelys por su entrega, comprensión y estímulo espiritual.

- ❖ A mi hermana Ademay única e inigualable.

- ❖ A mi sobrino Henry para que continué el camino.

- ❖ A mi tía Antonia por su preocupación y apoyo.

- ❖ A toda mi familia por su ayuda, confianza y amor.

Resumen

La cuenca hidrográfica constituye la unidad natural y lógica para el desarrollo agrícola, ambiental y socio-económico de un territorio. Se llevó a cabo la caracterización de la subcuenca hidrográfica de Ranchuelo, cuenca Sagua la Grande, provincia Villa Clara; resultando sus principales problemas ambientales el déficit, contaminación y mal aprovechamiento de los recursos hídricos, el manejo inapropiado de los suelos y el bajo índice de reforestación. La disponibilidad potencial resultó 827,79 m³ de agua/habitante/año, que permite clasificar la región como catastróficamente baja. Se propone el empleo de técnicas de riego más eficientes, incrementar al máximo las obras de captación de agua superficial y de lluvia y la aplicación de técnicas agrícolas que incrementen la retención del agua en el suelo. Se realizó la evaluación de las tierras para cultivos de interés estratégico utilizando el sistema automatizado AGRO 24. Las bases de datos digitales con información sobre los recursos naturales de la región, y el modelo digital de elevación fueron construidas mediante el Sistema de Información Geográfico MAPINFO (8.0). La estimación de la reserva del carbono orgánico del suelo (RCOS) fue calculada a partir de la información de perfiles de suelos, resultando el valor medio de 4,14 Kg m⁻² para el horizonte superficial. El análisis económico mostró que de los cultivos evaluados el frijol (*Phaseolus vulgaris*) y el maíz (*Zea mays*) fueron los de mayor beneficio económico. Finalmente se confeccionó la estrategia ambiental del territorio para una mejor planificación y gestión de los recursos naturales.

Introducción

Los bosques, las aguas y los suelos forman un complejo interdisciplinario, sintetizado en el ciclo hidrológico del agua y definido territorialmente por la cuenca hidrográfica, en la que cualquier acción o transformación del primer eslabón de esta cadena, ocasionará afectación en el ciclo hidrológico y la erosión de los suelos.

La cuenca hidrográfica es un sistema dinámico con componente físico tales como el agua, el aire, el suelo, subsuelo, el clima y los minerales; biológicos como la flora y la fauna; antropogénicos como los socioeconómicos, culturales e institucionales. Todos estos componentes están interrelacionados y en un determinado equilibrio, de manera que al afectar uno de ellos, se produce un desbalance en el sistema que de acuerdo a la capacidad de carga del mismo, tiende a recuperar nuevamente el balance o a producir una nueva condición pero deteriorada (Dardón, et al; 2002). Además siendo la cuenca un sistema dinámico presenta innumerables cambios en el tiempo, en donde los de origen antropogénico refleja la cultura de la sociedad que la habita. Por lo que, una cuenca hidrográfica es una unidad natural adecuada para la coordinación de procesos de manejo diseñados para asegurar el desarrollo sustentable (Dourojeanni, 2001).

El objetivo primordial del manejo de una cuenca es alcanzar un uso verdaderamente racional de los recursos naturales, en especial el agua, el bosque y el suelo considerando al hombre y la comunidad como el agente protector o destructor.

El manejo de cuenca consiste en aprovechar y conservar los recursos naturales en función de las necesidades del hombre, para que pueda alcanzar una adecuada calidad de vida en armonía con su medio ambiente. Se trata de hacer un uso apropiado de los recursos naturales para el bienestar de la población, teniendo en cuenta que las generaciones futuras tendrán necesidad de esos mismos recursos, por lo que habrá que conservarlos en calidad y cantidad (Dueñas, 2006).

La Cuenca Hidrográfica es una vía para la planificación y ordenación de los recursos existentes, ya que constituye una unidad integradora por cumplir, con dos grandes

principios: la homogeneidad y la funcionabilidad, permitiendo utilizar la ordenación rural como metodología para el desarrollo de los ecosistemas, sobre la base de la creación de alternativas tecnológicas y socioeconómicas sostenibles en la producción agropecuaria, lo cual debe definirse como un proceso racional continuo, dinámico y multidisciplinario para la toma de decisiones.

La degradación de los suelos, la pérdida de su fertilidad, la desertificación y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, hoy en día son algunos de los problemas ambientales que afectan a Cuba (Salomón, 2004).

La inestabilidad en los rendimientos agrícolas, el incremento de las áreas ociosas y el aumento de los costos de producción continúan siendo una problemática a resolver para lograr el manejo racional de las cuencas hidrográficas. La cuenca Sagua la Grande es por su extensión, cantidad de asentamientos humanos, número de habitantes y actividad socioeconómica la más importante de la provincia Villa Clara y no está exenta de las dificultades anteriormente mencionadas. Un estudio llevado a cabo por un grupo multidisciplinario de la región central sobre el manejo integral de esta cuenca determinó la necesidad de profundizar en el manejo integral de la misma y de las principales subcuencas que la conforman, entre ellas la del río Ranchuelo por los problemas detectados durante la ejecución de la investigación y porque esta región a solicitud de la dirección del país es uno de los municipios priorizados para fomentar la producción agropecuaria y autoabastecerse de alimentos; por lo que se pretende mediante este trabajo la caracterización y evaluación de los recursos naturales de la subcuenca hidrográfica Ranchuelo para el ordenamiento del territorio, una mejor planificación y gestión de los recursos, un mejor uso y conservación de los suelos y el agua, lo que permitirá incrementar la producción agropecuaria y satisfacer las necesidades de alimentos de los pobladores de la región, con el consiguiente beneficio económico, ecológico y social.

Identificación del problema:

El desconocimiento y manejo incorrecto de los recursos naturales en la subcuenca Ranchuelo, trae como consecuencia la degradación de las tierras, la contaminación y mal aprovechamiento de los recursos hídricos y el deterioro de la producción agropecuaria.

Hipótesis:

La correcta caracterización y evaluación de los recursos naturales de la subcuenca Ranchuelo contribuirán a una mejor planificación y gestión de estos recursos, en aras del incremento de la producción agropecuaria y la conservación del medio ambiente.

Objetivo General:

Evaluar los medios físicos (suelo y agua) de la subcuenca Ranchuelo para el ordenamiento territorial, el incremento de la producción agropecuaria y la conservación del medio ambiente.

Objetivos Específicos:

1. Realizar un diagnóstico del área geográfica perteneciente a la subcuenca Ranchuelo.
2. Determinar si los recursos hídricos existentes en el territorio son suficientes en cantidad y calidad.
3. Evaluar la aptitud física de las tierras de la subcuenca para cultivos de interés estratégico.
4. Cuantificar las reservas de carbono para los suelos de la subcuenca.
5. Proponer una estrategia ambiental para la conservación de los recursos naturales en la región.

2. Revisión bibliográfica

Introducción

Durante las últimas décadas, la influencia de la humanidad sobre la naturaleza se ha ido incrementando en relación con la demanda de recursos naturales. En el proceso productivo, el hombre actúa como un elemento decisivo provocando cambios considerables en la naturaleza y alteraciones en la estructura y el intercambio de sustancias y energía en los ecosistemas. Pero al mismo tiempo, estos cambios afectan a los parámetros naturales del hábitat del hombre de cuyo estado depende la salud de la población y su prosperidad como organismo biológico.

Este patrón de actuación refleja la existencia de un problema fundamental, que es el conflicto entre el desarrollo socioeconómico y la protección del medio ambiente.

El problema básico es el aumento de la presión ejercida sobre los recursos naturales. Los límites de la capacidad de producción de los recursos de tierras vienen determinados por el clima, las condiciones del suelo y la fisiografía, y por el uso y manejo aplicados a las tierras. El manejo sostenible de los recursos naturales requiere de políticas correctas y una planificación basada en el conocimiento de estos recursos, las demandas de los usos sobre esos recursos, y las interacciones entre las tierras y los usos de las mismas (FAO, 1996)

2.1. La cuenca hidrográfica

2.1.1. Definiciones de cuenca hidrográfica.

¿Qué es una cuenca?

Partiendo de una definición básica, una cuenca es el territorio que aporta agua al río que contiene, o sea, es el área total que desagua en forma directa o indirecta en un arroyo o en un río. Suele recibir el nombre de la corriente pluvial a la que alimenta, (Nebel y Wrigth; 1999).

La cuenca es un área natural en la que el agua proveniente de la precipitación pluvial forma un curso principal de agua, hasta que llega al mar, lago u otro río mayor (Palma, et al.; 2000). Es una unidad hidrográfica, conformada por el conjunto de sistemas de curso de aguas y delimitada por las cumbres, o el relieve que la comprende, siendo sus límites la “divisoria o parte de aguas”.

Para efectos prácticos, una cuenca hidrográfica puede ser dividida en las secciones:

- ❖ Cuenca alta, que corresponde con las áreas montañosas limitadas en su parte superior por las líneas divisorias de aguas.
- ❖ Cuenca media, que comprende las zonas de pie de monte y valles bajos, donde el río principal mantiene un cauce definido.
- ❖ Cuenca baja o zonas transicionales (como los estuarios o humedales), donde el curso de agua divaga o desaparece como tal (Basterrechea et al., 1996).

Subcuenca y microcuenca

La cuenca se divide en subcuencas y microcuencas. El área de la subcuenca está delimitada por la divisoria de aguas de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen sus aguas. La microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca ó de parte de ella.

2.1.2. Importancia del estudio de una cuenca hidrográfica.

El mundo es un sistema ecológico único en donde el sistema hídrico o ciclo del agua tiene entre sus funciones el mantenimiento del clima global y para ello, la calidad de los subsistemas de cuencas y su cobertura vegetal resultan en una sumatoria vital para mantener estable dicho ciclo. Actualmente, las pocas cuencas en las que no habitan los seres humanos, ni están incorporadas a la producción, son reservorios de naturaleza y biodiversidad que debieran estudiarse, manejarse y conservarse, puesto que día a día con su transformación, se extinguen especies que la humanidad aún no ha conocido y se pone en riesgo a la propia especie humana.

Las relaciones naturales, espaciales y de asentamientos humanos de las cuencas son muy variadas, por lo que cada una resulta en una especificidad. En cada cuenca donde se localizan asentamientos humanos debería evaluarse su capacidad de carga en relación a la densidad demográfica y su reproducción, considerando que una cuenca cuenta con una capacidad finita de recursos físicos y biológicos.

La relación de estos con el volumen de la demanda de las necesidades humanas constituye su capacidad de carga y es expresada como un umbral en el que la base natural y los recursos pueden reciclarse, regenerarse, reproducirse y producirse. Una vez abatida dicha capacidad, el deterioro progresivo es irreversible. Por lo anterior, las cuencas idealmente deben de mantenerse en un umbral positivo y la lógica de las sociedades que las habitan debe buscar constantemente el balance hacia márgenes

positivos mayores sin que ello necesariamente implique, restricciones en la satisfacción de necesidades económicas, sociales y culturales. También en términos ideales, cada cuenca debe alcanzar su propia sustentabilidad y no incorporar artificialmente recursos naturales provenientes de otras cuencas (Dardón y Morales, 2002).

Algunos investigadores sostienen que a las cuencas hidrográficas se las puede considerar como unidades espaciales ideales (escenarios-problema) para el estudio de todos los impactos ambientales generados por las actividades humanas. En tal sentido, el análisis integral de la problemática territorial y ambiental de las cuencas puede posibilitar un marco apropiado para la mejor planificación de las medidas destinadas a corregir o mitigar los efectos e impactos ambientales negativos, y potenciar los positivos. Así, en un proceso de planificación concertado será factible definir objetivos y metas de los usos posibles del territorio según su problemática y potencialidad. En ese marco, las cuencas hidrográficas deben permitirnos orientar acciones de gestión integral de sus diferentes componentes para satisfacer las necesidades de bienes y servicios de una sociedad –a corto, mediano y largo plazo- pero sin desbordar sus capacidades de carga ni afectar (ni agotar) su stock de recursos naturales disponibles. Una cuenca es importante para el ambiente porque en sus bosques producen oxígeno, purifican el aire que respiramos y también mantienen agradable y estable el clima local. Es donde se recoge y permanece la reserva de agua que mantiene la corriente de los ríos, los lagos y provee de alimentación a peces y aves. Con relación al progreso de un país, la importancia de una cuenca radica en que constituye una unidad territorial apropiada para la planificación del desarrollo económico-sostenible; es decir, un estilo nuevo de desarrollo mediante el uso racional de los recursos naturales y garantiza el bienestar de las generaciones futuras. Esto brinda la oportunidad de realizar acciones integrales para la protección y buen uso de los recursos (Valdez, 2004).

2.1.3. Principales problemas de las cuencas con asentamientos humanos

Los problemas relacionados con las cuencas son de orden natural y antropogénico. Los desastres naturales son parte de la evolución del planeta y la humanidad aún no está totalmente preparada para su prevención y amortiguamiento, como es el caso de las tormentas tropicales y huracanes. En cambio, los problemas ambientales generados por la acción de la humanidad, si pueden ser controlados a voluntad e incluyen la

contaminación generalizada, el agotamiento de recursos naturales, la pérdida de la biodiversidad, la deforestación, el deterioro del suelo, el asolvamiento de cauces, el crecimiento demográfico, los conflictos por utilización de agua, las carencias en planificación urbana, en legislación de asentamientos y uso del agua, en legislación por servicios ambientales, en investigación de recursos naturales y tecnología limpia, la falta de equidad en la apropiación y distribución de la riqueza y la falta de una cultura democrática y sustentable, entre otros (Dardón y Morales, 2002).

2.1.4. Enfoque actual de los objetivos en la planificación del manejo de cuencas

Los objetivos de manejo de cuencas evolucionaron desde una orientación de captación de agua, a otros más complejos como el manejo integrado de los recursos naturales de una cuenca y la gestión ambiental integrada (Dourojeanni y Jouraviev, 2001).

Actualmente, el manejo de cuencas tiene como objetivo mejorar el bienestar social al formular e implementar acciones y prácticas orientadas a la conservación de los recursos naturales en una cuenca (el control de erosión, de la contaminación, la conservación de suelos y la recuperación de zonas degradadas); manipular los sistemas naturales de una cuenca para la producción de bienes y servicios (por ejemplo, proporcionar un mayor abastecimiento de agua con calidad para el consumo, mejorar la producción forestal, de pastos, agrícola, agroforestal o agrosilvopastoril); mitigar el efecto de fenómenos naturales, organizar el uso de la tierra y otros (Basterrechea et al., 1996; Dourojeanni y Jouraviev, 2001; Rosal del Cid, 1982).

En la experiencia institucional actual, existen varias formas de abordar la planificación del desarrollo de las cuencas, dependiendo del objetivo principal del manejo, entre ellas se encuentra el manejo integral productivo natural de cuencas que se basa en procesos de ordenamiento territorial que orientan las actividades productivas de acuerdo a las características y aptitudes del suelo, clima, presencia de especies endémicas, tecnología y cultura productiva. Otra forma de planificación es la determinada por el objetivo del manejo de cuencas para reducir el riesgo y la vulnerabilidad ambiental, donde el nivel de riesgo está definido por la intensidad de la amenaza y el grado de vulnerabilidad de una sociedad a dichos efectos.

2.1.5. Manejo de cuencas, subcuencas y microcuencas.

El manejo de una cuenca hidrográfica es la administración de los recursos naturales en conjunto de un área, usando la cuenca hidrográfica (que es un área geográfica) como la unidad de planificación. Manejar las cuencas es administrar todos los recursos naturales (bosque, tierras agrícolas, poblaciones humanas, fauna, minería, agua, etc.), enmarcados en esta unidad de planificación.

El enfoque sustancial del manejo de cuencas hidrográficas es dirigir la atención del hombre, las familias, sus comunidades, sus decisores y gobernantes, mediante el cual, para manejar los recursos naturales se tiene que entender al hombre, por qué lo hace, cuáles son sus necesidades, qué puede realizar para mejorar el ambiente o conservar los recursos, qué estrategias y políticas desarrollar que incentiven su quehacer ambiental (Peña, 2004).

Pero, ¿por qué usar la cuenca como unidad de planificación y no los límites políticos y administrativos (departamentales y municipales) ya existentes? La cuenca hidrográfica es la unidad de planificación con coherencia lógica natural, porque cumple con dos grandes principios: homogeneidad y funcionalidad. La primera se refiere a que todos los elementos biofísicos y socioeconómicos de una cuenca están asociados y tienen una gran similitud entre sí, y la segunda a que existe una interrelación muy estrecha entre lo que pasa en las montañas y lo que sucede en los valles. Por lo tanto, la cuenca hidrográfica brinda una mejor relación entre el contexto ambiental y el desarrollo socioeconómico.

Institucionalmente, las actividades de manejo de cuencas no se realizan bajo estructuras administrativas claramente definidas. En algunos países se encuentran bajo el mandato de programas de medio ambiente; en otros, bajo esquemas de programas forestales; en otros, bajo sistemas de manejo de recursos naturales; y en otros, bajo programas de desarrollo local o comunal, por citar sólo algunas de las múltiples variantes que tiene la institucionalidad a cargo de conducir programas llamados todos de "manejo de cuencas".

En países como por ejemplo Perú, se han formulado programas nacionales de manejo de subcuencas, a veces también llamados de microcuencas, como en el sur de Brasil ("*microbacias*") o de conservación de suelos o de agroforestería con algunas excepciones, como la experiencia de la corporación autónoma del valle del Cauca

(CVC) en Colombia, es poco común que los programas de manejo de cuencas formen parte de las actividades de las entidades de gestión del agua por cuencas.

En general, se recomienda que en cada país exista un programa nacional de manejo de cuencas o equivalente, que podría depender de los ministerios o secretarías de medio ambiente o de agricultura o de alguna organización forestal, el cual debería coordinar sus actividades con las entidades de gestión del agua por cuenca. Ambas instituciones, una de carácter horizontal, nacional, y otra de tipo vertical, local o regional, podrían así complementar sus intereses, y sobre todo servir de base para financiar los servicios ambientales que prestaría un buen manejo de cuencas de captación a los usuarios aguas abajo y a las franjas costeras donde desembocan los ríos (Dourojeanni y Jouravlev, 2001).

Para lograr el desarrollo integral de una cuenca, subcuenca o microcuenca, se requiere de manera indispensable contar con la participación de los habitantes de la misma, para que de manera consciente y decidida se involucren desde inicio del proceso en el diagnóstico de su entorno, en el diseño y planteamiento de los proyectos, en la toma de las decisiones y actividades a ejecutar; las cuales deben de tener como característica ser más acordes a su realidad socioeconómica, política y cultural.

Por lo tanto, para implementar cualquier programa relacionado con la planeación, gestión y ejecución de un proceso de desarrollo integral de una subcuenca o microcuenca, es indispensable tener la capacidad y actitud para atender y entender, los objetivos, las necesidades, las oportunidades, la problemática y los activos que tienen los hombres y mujeres en el territorio.

2.1.6. Antecedentes del manejo integrado de cuencas en Cuba.

Históricamente las potencialidades hídricas de Cuba se vieron afectadas y disminuidas a causa de la expansión de la frontera agrícola, en detrimento de la cubierta boscosa que disminuyó de 1900 a 1959, del 34% hasta el 14% del territorio nacional. Estas áreas se desplazaron para establecer plantaciones cañeras y pastizales en las llanuras o plantaciones de café en las montañas, pero carentes de métodos adecuados y basados en el monocultivo.

Es sólo a partir de 1959 que comienza el desarrollo planificado y armónico en todas las esferas de la economía nacional, en particular el desarrollo hidráulico, en un vasto

programa de construcción de presas y una política de reconstrucción del patrimonio forestal, además de crearse las premisas para el inicio de los trabajos relacionados con el manejo de cuencas hidrográficas.

En 1970 se inician las primeras investigaciones encaminadas a caracterizar la situación prevaleciente en algunas cuencas representativas del país; (San Diego, Hanabanilla, Gilbert y otras), donde se habían construido embalses. Mediante el establecimiento de parcelas de escurrimiento no permanente y con lluvia artificial, se logró cuantificar la erosión con diferentes tipos de cubierta vegetal y determinar algunos parámetros como: la velocidad de infiltración en los cultivos y el bosque.

Entre las décadas de los años 70' y 80' se lograron elaborar en el país 79 proyectos de hidrología forestal en igual número de cuencas, pero muchos de ellos no se ejecutaron pues se presentaron dificultades con la tenencia de tierra, escasa disponibilidad de algunos medios e insuficiente prioridad para las tareas.

Para el manejo de cuencas hidrográficas en Cuba se han trazado programas y proyectos los que definen los siguientes objetivos: establecer subcuencas representativas que se constituirán en áreas demostrativas de investigación y desarrollo, como modelo de manejo integrado, para la restauración y protección de la cuenca piloto, establecer sistemas agroforestales como métodos alternativos del uso de la tierra para la recuperación y protección de los recursos naturales, aplicar métodos de conservación de los suelos para mantener la práctica de cultivos agrícolas, la ordenación de la red vial y la corrección de torrentes, estabilidad de la faja forestal hidrorreguladora en los cursos fluviales y el embalse, constituir un centro para la capacitación en manejo de cuencas hidrográficas para la formación de especialistas, proveer a la población campesina de los conocimientos técnicos y los recursos para la introducción de nuevos métodos de manejo y uso de la tierra, promover una política nacional en el ordenamiento integrado de cuencas hidrográficas, contribuir mediante el fortalecimiento de la base económica al aumento de las oportunidades de empleo y mejores condiciones de vida para la población campesina y en particular la mujer.

En Cuba, los recursos hídricos potenciales están evaluados en 38.1 Km³ totales, los cuales se desglosan en 6.4 Km³ de recursos superficiales; estos últimos en 632 cuencas hidrográficas. Por otro lado, la configuración larga y estrecha de la isla mayor y la existencia de un parte aguas centrales, determina que los ríos sean, en general, de

cursos cortos y pendientes altas, lo que vinculado al régimen de precipitaciones determina corrientes rápidas y fluctuaciones considerables de los caudales, hecho que impide el aprovechamiento eficaz de sus aguas. A esta situación se añade la degradación paulatina de las corrientes fluviales (asolvamiento de caudales, erosión de las orillas, contaminación de las aguas, etc.), que en número de 241 presas y 730 micropresas, existen actualmente en el país. Se plantea que la longitud de los ríos y el área de las cuencas, en el 85% de los casos es inferior a 40 Km y 200 km², respectivamente y abarcan una superficie de 75 000 Km².

Estudios realizados por (INRH) refiere que el mayor río de Cuba es el Cauto, localizado al oriente del país, que posee una longitud de 343 Km. y un área en su cuenca receptora de 8969 Km². y le sigue en orden de tamaño el Río Zaza (145 Km. y 2394 km²); Sagua la Grande (144 Km. y 2188km²); Caonao (132 Km y 1235 Km²).

2.1.7. Los Recursos Hídricos.

Se estima que en Latinoamérica sólo el 2% del caudal anual producido por los ríos está siendo utilizado para fines de consumo doméstico, agrícola e hidroeléctrico, el resto es liberado hacia el mar sin darle ningún uso. Se estima que, muchos países no cuentan con este potencial, ya que su topografía es plana, la cual no permite la construcción de embalses.

Esta situación trae consigo la necesidad de elaborar, propuestas de desarrollo, las cuales generan, la construcción de pequeñas represas de uso múltiple. Estas pequeñas represas se cubriría el déficit de agua potable, riego y de energía eléctrica.

Así mismo existen propuestas de desarrollo para el manejo forestal, teniendo en cuenta que el mismo, debe de estar enmarcado dentro del concepto cuenca, como unidad de planificación. También debe estar acorde con los diferentes usos del agua, tales como: Uso Hidroeléctrico, Uso Doméstico, Control de Inundaciones y Riego. De ninguna manera, el manejo forestal puede estar desligado del recurso hídrico y el recurso suelo. Sobre el recurso tierra, se determinó que no menos del 25% de la superficie ocupada por los principales cultivos agrícolas del país se clasifica de productiva y muy productiva. El resto lo constituyen los suelos de poca a muy baja productividad. Uno de los principales factores limitantes es la erosión actual, fenómeno que afecta a más del 40% de los suelos cubanos. Si se refiere a la erosión potencial, este porcentaje se

eleva hasta el 56%, cifra alarmante si se considera que el primer signo de la reacción en cadena desatada por la erosión es la disminución del rendimiento agrícola, definiendo que la protección y conservación de los recursos hídricos y edáficos se convierte en una de las principales tareas que el país debe afrontar.

El recurso tierra requiere de una primera etapa en esta ordenación que es la zonificación y diagnóstico para definir las potencialidades y problemas de las cuencas, subcuencas y microcuencas.

2.1.8. Importancia del Diagnóstico

El término “Evaluación” en su sentido más amplio se refiere al proceso de identificar, definir y cuantificar los posibles o esperados impactos de sus acciones (una práctica) o conjunto de acciones estrechamente relacionadas (un proyecto). Algunos de estos impactos serán vistos como beneficios, mientras otros como costos.

2.1.9. Ordenación en función del medio ambiente

Según datos de la FAO, en el mundo se cultivan aproximadamente 1600 millones de hectáreas y cerca del 60% se encuentran en zonas áridas y semiáridas, donde el riego puede aumentar de 2 a 3 veces la producción, sin embargo, los estudios realizados estiman que menos del 20% de las áreas cultivadas son de regadío y en ellas se utilizan aproximadamente $1.5 - 10^{12}$ m³ de agua al año. La efectividad del riego queda demostrada en los datos que indican que a pesar del bajo porcentaje que representan las áreas de regadío con respecto al área total, en ellas se concentra más del 50% de la producción agrícola mundial.

El riego y el mejoramiento de los suelos en general, es una vía para la intensificación de la producción como una respuesta necesaria a las exigencias de alimentos. En los últimos 20 años, la población mundial aumentó en un ritmo de 4 – 6% anual, mientras que el incremento de alimentos ha sido de un 2.5 – 3% con una distribución muy desigual entre los países de acuerdo con su grado de desarrollo y entre la población de un mismo país en dependencia del sistema social. A mediados de la década del 70 los países subdesarrollados producían el 38% de alimentos, en contraste con una población de más de 65%, y tenían, además, como importante ingreso la producción de alimentos.

El uso adecuado y la alta efectividad de los fertilizantes, las variedades de altos potenciales de rendimiento y la agrotécnica en general, exigen una regulación adecuada del régimen de humedad en los suelos, por lo que las prácticas de riego y drenaje se torna una variante para lograr buenos resultados en la agricultura en zonas con déficit de humedad o en lugares de humedad excesiva.

2.2. Sistemas agrícolas sustentables. Estabilidad de los sistemas agrícolas.

La observación e interpretación desde un enfoque sistémico es una condición necesaria para entender el complejo funcionamiento que tiene la naturaleza, la sociedad y el pensamiento (Pacheco, 2005).

La definición de sistema es abordada por varios autores (Margalef, 1977; Arnold y Rodríguez, 1990; Quirós, 1992; De Camino y Muller, 1993; Margalef, 1993; Alcolado, 1994; Kolmans y Vásquez, 1996; Brussaará et al., 1997; Rincón, 1998; Leyva, 1999; Arnold y Osorio 2003; Cazau, 2003; etc) y es presentada de forma general como un conjunto de elementos que guardan relaciones entre sí, manteniéndolo unido y relativamente estable, de manera tal que funcionen como un todo. Los sistemas están integrados por diferentes componentes que en estado aislado carecen de funcionalidad. De igual forma si se analizan independientemente o por partes evidencian su desempeño global como cuando son vistos como un todo.

Según Lorences (2004), más allá de la diversidad de las definiciones existentes se halla también consenso al señalar algunas consideraciones respecto a los sistemas, a saber:

- El sistema es una forma de existencia de la realidad objetiva.
- Los sistemas de la realidad objetiva pueden ser estudiados y representados por el hombre.
- Un sistema es una totalidad sometida a determinadas leyes generales.
- Un sistema es un conjunto de elementos que se distingue por un cierto ordenamiento.
- El sistema tiene límites relativos, sólo son “separables” “limitados” para su estudio con determinados propósitos.
- Cada sistema pertenece a un sistema de mayor amplitud, “está conectado”, forma parte de otro sistema.
- Cada elemento del sistema puede ser asumido a su vez como totalidad.

- La idea de sistema supera a la idea de suma de las partes que lo componen. Es una cualidad nueva.

En relación a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas Martínez (2004) considera que sobre este término gravita un número considerable de definiciones, convirtiéndose en la actualidad en un concepto muy empleado por investigadores agrícolas, económicos, sociólogos, profesores, estudiantes, educadores populares, etc.

American Society of Agronomy (1989) enuncia a la agricultura sostenible como “una agricultura que a largo plazo promueve la calidad del medio ambiente y los recursos ,base de los cuales depende la agricultura; provee las fibras y alimentos necesarios para el ser humano; es económicamente viable y mejora la calidad de vida de los agricultores y la sociedad en su conjunto”.

Un enfoque más agrosistémico es el expresado por Conway (1994) al plantear que la sustentabilidad es la habilidad de un sistema de mantener la producción aun cuando sea sometido a perturbaciones. Para Altieri (1994) es un modo de agricultura que intenta proporcionar rendimiento sostenible a largo plazo, mediante el uso de tecnologías y prácticas de manejo que mejoren la eficiencia biológica del sistema. Este concepto mira la sustentabilidad como una optimización del agroecosistema en su conjunto en lo que también coinciden Levins y Vandermeer (1990).

Martínez (2003) considera a la agricultura sostenible como una modalidad de agricultura donde se aplican técnicas y métodos compatibles con la naturaleza. Su objetivo es la obtención de producciones estables durante el tiempo sin deteriorar la calidad de los agroecosistemas, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades materiales de las generaciones futuras. Como principio debe ser socialmente justa y participativa, económicamente viable y ecológicamente aceptable.

El aspecto económico es importante verlo como un propósito a largo plazo, por lo cual Levins y Vandermeer (1990) considera que se debe propiciar un conjunto de objetivos como:

- El uso eficiente de energía y recursos.
- El empleo de métodos de producción que restablezcan los mecanismos homeostáticos que conduzcan a la estabilidad, que optimicen las tasas de reciclaje de materia orgánica y nutrientes, que utilicen al máximo la capacidad de usos múltiples del sistema y que fortalezcan un flujo eficiente de energía.

- La producción local de alimentos adaptados al entorno socioeconómico y natural.
- La reducción de costos y el aumento de la eficiencia y viabilidad económica de los pequeños y medianos productores, fomentando así un sistema agrícola robusto y diverso.

En lo ambiental (Altieri, 1983; Reijntjes *et al.*, 1992) opinan que la sustentabilidad depende de un manejo que respete u optimice los siguientes procesos:

- Disponibilidad y equilibrio del flujo de nutrientes.
- Protección y conservación de la superficie del suelo.
- Preservación e integración de la biodiversidad.
- Explotación de la adaptabilidad y la complementariedad en el uso de recursos genéticos animales y vegetales.

Los sistemas agrícolas sustentables poseen propiedades reportadas en la literatura como atributos. Este tema ha sido abordado por diferentes autores y organizaciones, sirviendo como elementos relevantes para derivar indicadores de sustentabilidad que se aplican a procesos de evaluación, entre los que se pueden citar Conway y Barbier (1990); FAO (1994); Conway (1994); Muller (1995); Grupo Interamericano para el Desarrollo Sostenible de la Agricultura y los Recursos Naturales (GIDSA) (1996) y González (1998).

Glave y Escobal (2000) consideran que este mismo concepto posee diferentes niveles de aplicación, de manera que es posible hablar de agroecosistemas sostenibles a un nivel micro donde existen herramientas metodológicas para la medición de la sostenibilidad de sistemas de producción agraria, que de sociedades sostenibles, para lo cual es hoy muy complejo apreciar esta cualidad.

Conway, (1986) y Faeth (1993) son de la opinión que la sostenibilidad es la habilidad de un sistema para mantener su productividad cuando este está sujeto al esfuerzo interno o alteraciones, por lo que los sistemas de producción que degradan o agotan un recurso, no son sustentables.

El modelo de agricultura sostenible se ha extendido a diversos países adoptando las características que los condiciona y el cultivo de que se trate, por ejemplo en Cuba se han realizados trabajos de sustitución de insumos y tecnología convencionales por otras alternativas, como son la utilización de biofertilizantes, bioplaguicidas, estiércol vacuno y caprino, restos de cosechas e industriales, etc. (Rodríguez y Blanco, 2000).

Sin embargo, esto constituye un ejemplo de que se continúa aplicando un modelo o sustitutorio, abandonando el enfoque autogenerativo más apropiado para las condiciones tropicales (Martínez, 2001).

Las evaluaciones de sostenibilidad pueden realizarse a diferentes escalas espaciales y temáticas. Hay sistemas de indicadores que son específicos para ser aplicados a nivel de país o grandes regiones geográficas (Hammond *et al.* 1995; Winograd, 1995), tienen limitaciones, por el alcance de sus indicadores, desarrollados en contextos más reducidos.

Otras metodologías de evaluación enfocan determinados aspectos tecnológicos o económicos, como lo pueden ser la adopción de técnicas de manejo específico; fertilización, mecanización, control de organismos nocivos, etc., con lo que se compara las estrategias utilizadas por grupos de productores con características semejantes (Taylor *et al.*, 1993). En el caso de los que solo tienen en cuenta el resultado de la relación entre las entradas y salidas (insumos, beneficios económicos y ambientales) dejando afuera los importantes elementos socioculturales del sistema (Harrington, 1992). Este grupo se caracteriza por ponderar el valor de cada uno de las variables a un índice numérico dado.

Existen otros métodos conocidos como sistema de referencia (Maass y Jaramillo, 1995) que evalúan los sistemas productivos en relación a ecosistemas naturales, con la desventaja que pueden existir localidades muy industrializadas donde no haya ecosistemas naturales referenciales con los que se puedan comparar los agroecosistemas establecidos de alto grado de artificialización, donde la tecnificación es extremadamente alta.

El caso Marco de Evaluación de Manejo Sustentable de Tierras (FAO, 1994) es una metodología que sirve de base a las metodologías más empleadas actualmente. Es una propuesta que analiza de manera integral los sistemas de manejo (espacio/temporal), enfatizando en los aspectos ambientales, pero teniendo en cuenta también los económicos y sociales. Esta metodología se opera a través de 5 pasos, desde la definición y caracterización del sistema, pasando por la identificación de los factores que afectan la sostenibilidad, los criterios posibles a ser usados para evaluarlos y culmina con la definición de indicadores a monitorear, expresados estos últimos en valores críticos.

Conway (1994) plantea que los sistemas agrícolas no difieren solamente en sus niveles de productividad por superficie o por unidad de trabajo o insumo, sino también en las propiedades más fundamentales. Es claro que, si bien la tecnología ha incrementado enormemente la productividad en el corto plazo, también la disminución de la sostenibilidad, equidad, estabilidad y productividad del sistema agrícola; definiendo estos indicadores como sigue:

1. **Productividad:** Es la capacidad del agroecosistema para brindar el nivel requerido de bienes y servicios. Representa el valor del atributo (rendimientos, ganancias, etc.) en un periodo de tiempo determinado.
2. **Estabilidad:** Se refiere a la propiedad del sistema de tener un estado de equilibrio dinámico estable. En otras palabras, implica que sea posible mantener los beneficios proporcionados por el sistema en un nivel no decreciente a lo largo del tiempo, bajo condiciones promedio o normales.
3. **Resiliencia:** Es la capacidad del sistema de retornar al estado de equilibrio o mantener el potencial productivo después de sufrir perturbaciones graves.
4. **Confiabilidad:** Se refiere a la capacidad del sistema de mantener su productividad o beneficios deseados en niveles cercanos al equilibrio, ante perturbaciones normales del ambiente.
5. **Adaptabilidad (o flexibilidad):** Es la capacidad del sistema de encontrar nuevos niveles de equilibrio, es decir, de continuar siendo productivo o, de modo más general, brindando beneficios, ante cambios a largo plazo en el ambiente. Bajo adaptabilidad también se incluye la capacidad de búsqueda activa de nuevos niveles o estrategias de producción.
6. **Equidad:** Es la capacidad del sistema para distribuir de manera justa, tanto intra como intergeneracionalmente, los beneficios y costos relacionados con el manejo de los recursos naturales.
7. **Autodependencia:** Es la capacidad del sistema de regular y controlar sus interacciones con el exterior. Se incluye aquí los procesos de organización los mecanismos del sistema socioambiental para definir endógenamente sus propios objetivos, sus prioridades, su identidad y sus valores.

Un elemento significativo en esta temática lo constituyen los indicadores para evaluar la sostenibilidad. Los indicadores son usados desde hace mucho en la Ecología (Odum,

1972; Margalef, 1976), aunque no con la intención de estimar estrictamente la sustentabilidad de sistemas ecológicos, más bien para tipificar determinados aspectos aislados de los ecosistemas.

Hoy es común el uso de los indicadores de sostenibilidad Altieri y Nicholls (2004) considera que los campesinos evalúan constantemente el comportamiento de los agroecosistemas, para lo cual usan empíricamente sus propios indicadores que expresan la calidad del suelo, la salud de los cultivos, el beneficio económico, etc. Por su parte Astier y Maser (1996) ven a los indicadores como herramienta para indicar el nivel de sostenibilidad de los agroecosistemas, definiendo a los mismos como descriptores de un proceso específico o un proceso de control. Martínez (2004) opina que los indicadores evidencian, señalan o muestran de una manera muy efectiva, sencilla y económica el funcionamiento de los agroecosistemas, por lo que constituyen una herramienta que puede emplearse en investigaciones y monitoreos agroecológicos. Los indicadores de sostenibilidad son fruto de un acuerdo sobre hacia dónde queremos llegar, cómo pensamos llegar y cómo queremos medir, si nos estamos acercando o alejando a nuestras metas y de alcanzar nuestra visión, estos permiten monitorear como marcha la ordenación de un territorio.

La ordenación del territorio debe ser preventiva, antes que correctiva, armonizando conservación y desarrollo, en la medida de lo posible. Desde este punto de vista se concibe la ordenación territorial como una planificación integral. Es un proceso en el cual se regula los usos del suelo, ubicación correcta de cultivos, atendiendo suelo y clima (entiéndase época de siembra o plantación). En fin, es el aprovechamiento sostenido de los recursos, de acuerdo con la capacidad de los agro - ecosistemas.

Se requiere potenciar, el desarrollo de las capacidades locales para la búsqueda de soluciones científico - tecnológicas a las prioridades del territorio, para el caso, se corresponde con:

- uso racional del suelo, de acuerdo a sus características en el área de estudio.
- el conocimiento de las variables climáticas para la adecuación de las acciones del desarrollo y de potencialidades implicadas en el estudio.
- el conocimiento de las características de los diferentes cultivos explotados o posibles a utilizar en la región de estudio.

En Cuba los trabajos referidos a la ordenación rural son escasos y fundamentalmente están orientados a la ordenación de las cuencas hidrográficas, como las del río Cauto en la región oriental del país, la de la cuenca del río Sagua la Grande en la región central (Dueñas, 2002) y la del río Guanabo en la región occidental.

Los estudios integrados plantean enfoques globales basados en que los elementos del territorio son componentes inter – independientes que deben ser utilizados de forma conjunta a través de las unidades ambientales. Algunos autores proponen estudiar los territorios subdividiéndolos en zonas con semejantes microclimas. Estas se dividen en fases fisiológicas cuando interviene el microclima local y en tipos fisiográficos cuando se incorpora el microrelieve. Por último según la vegetación se obtienen los tipos totales que se considera proyecto espacial del ecosistema. En Europa los enfoques integrados utilizan la noción del paisaje como unidad natural siguiendo el concepto Alemán de “Landschaff” que asocia elementos del relieve, el clima, la vegetación y los suelos.

Los enfoques modernos del manejo de cuencas consideran:

- a) Cuando el agua es el centro de la planificación y manejo; allí adquiere predominancia el concepto de calidad y cantidad de agua, y dependen de cómo funciona y cómo se maneja el sistema hídrico. Esto da origen al “Manejo de Cuencas”.
- b) Cuando los recursos naturales constituyen el centro de la planificación y manejo, pero se mantiene al recurso hídrico como elemento integrador en la cuenca. Aquí se origina el “Manejo Sostenible de Cuencas”.
- c) Cuando el enfoque es amplio y se define que el centro de la planificación es el ambiente o que se trata de una acción integral, pero manteniendo el rol estratégico del recurso hídrico, se origina el “Manejo integral de Cuencas”.

2.3. Evaluación de tierras

Se puede definir la evaluación de tierras como todo método para explicar o predecir el potencial de uso de la tierra (Van Diepen. et al., 1991). Una vez determinado este potencial, la planificación del uso de la tierra puede tender a una base lógica, a lo menos con respecto a lo que puede ofrecer la tierra a su usuario, o sea, es una herramienta para la planificación estratégica, ya que predice el comportamiento de la

tierra bajo usos determinados, en términos de beneficios, costos y efectos ambientales (FAO, 1993).

La evaluación de tierras, además, es la valoración de la explotación de la tierra cuando se utiliza con propósitos específicos. En este sentido, ofrece una base racional para tomar decisiones relativas al uso de la tierra basadas en análisis de las relaciones entre la utilización de la tierra y la tierra misma, con estimaciones de los insumos necesarios y de la producción proyectada. La utilización óptima de la tierra es hoy más necesaria que nunca, puesto que el rápido crecimiento de la población y la expansión urbana hacen que la agricultura disponga de relativamente pocas tierras. La demanda cada vez mayor de una intensificación de los cultivos existentes y la bonificación de nuevas tierras sin perjuicio para el medio ambiente solo puede satisfacerse si la tierra se clasifica de conformidad con su aptitud para diferentes tipos de utilización (FAO, 1985).

2.3.1. Métodos de evaluación de tierras

Desde 1950 la evaluación de tierras ha evolucionado hacia valoraciones más cuantificadas y precisas, con una mayor repercusión de los factores no edafológicos (Van Diepen, 1991). Sin embargo, actualmente son ampliamente aplicados modelos como la Clasificación de la Capacidad de la Tierra del USDA (Klingebiel y Montgomery, 1961), que ha sido adaptado a las condiciones específicas de numerosos países (p. ej., Condon, 1968; McCormack, 1971; Ministerio de Agricultura, 1974), o la Clasificación de la Tierra para Regadío del USBR, diseñados hace más de cuarenta años. Desde los años 30 (Storie, 1933), se comenzaron a aplicar modelos matemáticos para determinar la capacidad productiva de los suelos, son los llamados índices paramétricos. Entre estos índices destaca el índice de Storie (Storie, 1970). Otros índices son, por ejemplo, el método Riquier-Bramao (Boixadera y Porta, 1991) o el índice de productividad (Pierce et al., 1983). Estos modelos evalúan la capacidad de la tierra, es decir, la productividad para la mayoría de cultivos, contrariamente a la tendencia actual de evaluación de la aptitud, esto es, la productividad para ciertos cultivos específicos.

La tabla I muestra las características generales de los principales sistemas de evaluación de tierras empleados mundialmente.

Tabla I. Características generales de los principales sistemas de evaluación de tierras.

	Finalidad	Usos considerados	Información requerida	Procedimiento	Resultados
Esquema FAO	Aptitud	Usos específicos	Física socioeconómica	Cuantitativo/ Cualitativo	5 clases de aptitud
Clasificación capacidad de la tierra del USDA	Capacidad	Usos agrario general	Física	Cualitativo	8 clases de aptitud
Sistema de aptitud para regadío del USBR	Capacidad	Proyectos de regadío	Física económica	Cualitativo	6 clases de aptitud
Índices Paramétricos	Capacidad	Usos agrario general	Física	Cuantitativo	Mapa Aptitud Continuo
LESA	Capacidad	Usos agrario general	Física socioeconómica	Cuantitativo	Mapa Aptitud Continuo
FCC	Capacidad	Usos agrario general	Física	Cualitativo	Varias clases de aptitud
AEZ	Aptitud	Cultivos específicos	Física	Cuantitativo/ Cualitativo	5 clases de aptitud
Modelos dinámicos de simulación de cultivos	Aptitud	Cultivos específicos	Física	Cuantitativo	Rendimiento cultivos
Métodos fuzzy	Aptitud	Usos específicos	Física	Cuantitativo	Mapa Aptitud Continuo
Sistemas expertos	Ambas	Variable	Variable	Cualitativo	Varias clases de aptitud
Evaluación multicriterio	Ambas	Variable	Variable	Cuantitativo	Mapa Aptitud Continuo

2.3.2. Esquema de evaluación de tierras de la FAO

Debido a las diferencias existentes entre los distintos sistemas de evaluación de tierras en cuanto a terminología, propósito y procedimientos analíticos, en 1976 la FAO publicó A Framework for Land Evaluation, que permitió una estandarización de la metodología y la terminología. Este esquema, que se ha convertido en la principal referencia para la evaluación de tierras (Van Diepen, 1991), no constituye un sistema de evaluación en sí mismo sino que establece unas directrices generales sobre las cuales se puede

construir uno. El proceso central de este esquema es la comparación de las cualidades de la tierra de cada unidad espacial con los requerimientos de cada tipo de utilización de la tierra (Figura 1). Los diferentes procedimientos de comparación son descritos en posteriores publicaciones (FAO, 1983, 1985a, 1985b, 1993).

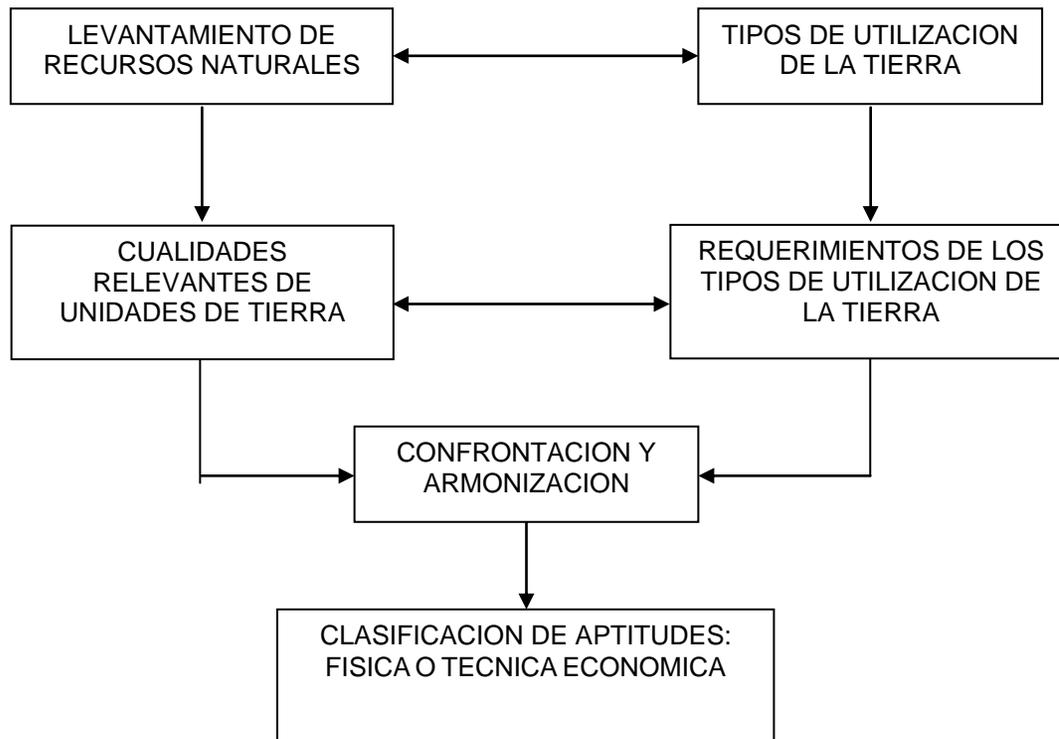


Figura 1. Esquema de Evaluación de tierras de la FAO.

2.3.3. Sistema Automatizado para la Evaluación de tierras (ALES)

La evaluación de tierras siguiendo el esquema de FAO se puede hacer de forma automatizada mediante ALES el cual es un programa de computación que permite a los evaluadores de tierras construir sistemas expertos para sus evaluaciones, dichos sistemas expertos se basan en árboles de decisión.

Los árboles de decisión son niveles de preguntas donde se compara la categoría de una característica o cualidad con el requerimiento del tipo de uso específico para el que se tiene diferentes opciones de respuesta de clases de aptitud, organizadas de forma jerárquica de manera tal que un factor predomina sobre otros. El árbol constituye el modelo por medio del cual se evalúa y en el se resume el proceso de evaluación.

2.3.4. Evaluación de tierras en Cuba

En Cuba se han desarrollado diversos estudios orientados a la evaluación de tierras (Mesa et al., 1982), Sulroca (1982 y 1984), ISA (1984) los cuales categorizaron la calidad de las tierras, haciendo una escala evaluativa de acuerdo con los factores limitantes que más incidieron y basándose en los rendimientos obtenidos. Se han realizado, además, otros estudios relacionados con el perfeccionamiento de la clasificación agro productiva de la caña de azúcar (Roldós, 1985) cuyo producto en uso más acabado y de amplio conocimiento es el Sistema para el cálculo del potencial productivo de los suelos, Agro24 (Mesa y Mesa, 1993) de la Dirección de Suelos y Fertilizantes del Ministerio de la Agricultura.

El departamento de Suelos y Agroquímica del INICA realizó numerosos estudios de suelos para el manejo integral de plantaciones cañeras (ESMICA) en Complejos Agroindustriales (CAI) y Unidades de Producción de Referencia (UPC) tanto en Cuba como en México, Argentina y Venezuela determinando los principales factores edáficos que limitaban el crecimiento de los cultivos y emitiendo un conjunto de recomendaciones sobre su manejo fitotécnico general con gran énfasis en el uso de los fertilizantes minerales. Un ejemplo de ello fue el ESMICA en el CAI "Patria o Muerte" de Ciego de Ávila donde se aplicó la tecnología de Sistemas de Información Geográfica para el manejo de las tareas relacionadas con la agricultura cañera.

En los aspectos metodológicos se destaca la aplicación del esquema de Evaluación de Tierras de la FAO (Hernández, 1995; Ponce de León *et al.*, 1996) y la implementación de este esquema en el Proyecto FAO Manejo conservacionista y sostenible del cultivo de la caña de azúcar en Cuba (TCP/CUB/8822) en unidades de referencia del territorio nacional.

Respondiendo a la demanda del Estado cubano de conocer la aptitud física y económica del fondo de tierras perteneciente al Ministerio del Azúcar (MINAZ) y con el objetivo de hacer un uso correcto de sus tierras y contribuir a la diversificación de la producción agropecuaria, el MINAZ llevó a cabo un amplio programa de evaluación de las tierras dedicadas al cultivo de la caña de azúcar, para sobre esta base realizar la planificación de la agroindustria azucarera (Balmaseda, et al., 2001).

En la provincia Villa Clara la evaluación física de las tierras del MINAZ para el cultivo de la Caña de azúcar mostró como resultado que de una superficie total de 275 855.6 ha,

237 964.4 ha eran Aptas para la caña de azúcar, en sus diferentes categorías, y 37 891.2 ha resultaron No aptas para este cultivo. Además se detectaron con buena aptitud para la caña de azúcar 44 244.2 ha que estaban dedicadas a otros usos, contradictoriamente existían 25 905.8 ha dedicadas a este cultivo que resultaban No aptas para el mismo (Pérez, 2001).

2.4. Los Sistemas de Información Geográfica.

2.4.1. Definición de SIG.

Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son en la actualidad una de las herramientas más empleadas y útiles en la planeación y el manejo de los recursos naturales. Constituyen un modo particular de los sistemas de información aplicados a datos geográficos, cuya principal característica es su capacidad de análisis.

Burrough y Mc Donell (1998) agrupan las definiciones de SIG según el enfoque: los SIG como cajas de herramientas (Burrough, 1986), los SIG como bases de datos , los SIG como entidad organizadora orientada a los Sistemas de Soporte a la Toma de Decisiones en la solución de problemas complejos de planificación y gestión.

Una definición más completa es la dada por NCGIA (1990): “Un sistema de hardware, software y procedimientos diseñado para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para la solución de problemas complejos de planificación y gestión”.

Uno de los aspectos más útiles de la tecnología de Sistemas de Información Geográfica es la posibilidad de asociar las bases de datos de atributos (BDA, SERFE, SERVAS) con las bases de datos gráficas (Catastro Especializado, Mapa de Suelo 1:25000).

Para lo cual se requiere que cada individuo que queremos unir en el mapa y en la base de datos tengan un mismo identificador (Figura 2).

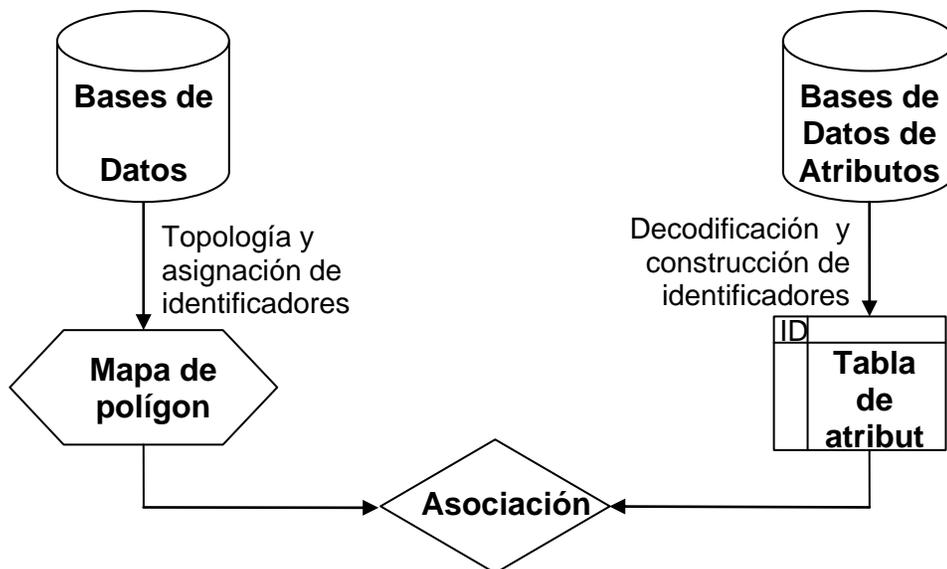


Figura 2. Procedimientos para la asociación de la base de datos digital de atributos y la base de datos digital gráfica.

2.4.2. Solución de problemas usando SIG

Entre las facilidades que brindan los SIG las primeras que saltan a la vista son las posibilidades de generar de forma automática mapas temáticos de cualquier variable contenida en las bases de datos (mapas de variedades, cartogramas agroquímicos, etc.). Además, los SIG brindan muchas otras posibilidades que lo convierten en una herramienta de Apoyo a la Toma de Decisiones por excelencia.

De acuerdo con Rhind (1990), citado por Gutiérrez y Gould (1994), las cuestiones que puede responder un SIG se agrupan en:

- I. Localización: recupera información sobre un lugar determinado.
- II. Condición: visualiza las localizaciones que cumplen determinadas condiciones.
- III. Tendencias: tiene en cuenta la componente temporal.
- IV. Rutas: calcula caminos óptimos.
- V. Pautas: determina patrones espaciales de distribución de un fenómeno.
- VI. Modelos: el SIG como herramienta de predicción.

2.4.3. Ventajas de la aplicación de los SIG

El uso de la tecnología de los SIG permite la disminución del tiempo para realizar los análisis espaciales, mayor precisión en el trabajo, minimiza la subjetividad en el proceso de toma de decisiones; brinda la posibilidad, de observar los mapas temáticos y al

mismo tiempo los atributos que se deseen de las bases de datos del área. Otras funciones de carácter más analítico pueden realizarse de forma automática en un SIG, como son el cálculo de las dosis de fertilizantes minerales y el despliegue de “Mapas de Dosis”, mediante el empleo de reglas de decisión.

La modelación matemática es otra de las posibilidades que pueden llevarse a cabo mediante esta tecnología lo que posibilita una mayor interpretación y comprensión de los fenómenos, ayudando a su predicción y control así por ejemplo mediante los SIG se puede simular fenómenos como la erosión y el riesgo potencial a las inundaciones.

2.5. El Carbono en el suelo y los cambios globales.

El problema del calentamiento global del planeta como consecuencia de la acumulación creciente en la atmósfera de los llamados gases de efecto invernadero es uno de los graves peligros que enfrenta la humanidad. El CO₂ es uno de los principales gases con efecto invernadero, su contenido se ha incrementado desde la revolución industrial en una magnitud sin precedentes en más de 400 K años (Raynaud *et al.*, 2003).

Los suelos del mundo constituyen uno de los 5 reservorios de carbono más importantes, según datos de Pedersen *et al.* (2003), se estima que el carbono orgánico del suelo alcanza 1580 GtC, que constituye el 3,3% del total global, de alrededor de 47000 GtC (los océanos almacenan la mayor parte, 39820 GtC). Esta cantidad sumada a los 950 GtC inorgánico, es 3,3 veces lo que existe en la atmósfera (760 GtC) y 4 veces lo que almacena la biomasa terrestre (610 GtC), según Lal (1999).

Se considera que grandes cantidades de carbono están siendo liberadas por el cambio en el uso de las tierras, a razón de $1,6 \pm 1.0$ GtC (Kasting, 1998), cifra no despreciable si se compara con el aportado por la quema de combustibles fósiles ($5,5 \pm 0,5$ GtC). La deforestación y el constante laboreo, siguen siendo las principales fuentes de emisión de CO₂ (Leemans, 1999). Este autor estima que desde la década del 50 del pasado siglo, el 75% al 80% del incremento del carbono en la atmósfera se debe a la deforestación y los cambios en el uso de la tierra.

La proyección del aumento de la temperatura según IPCC (2001) debido al ritmo de incremento de los gases de invernadero en la atmósfera es de 1,4 a 5,8 °C al final de este siglo, lo que provocará un cambio climático en amplitud y dirección regional sin precedentes. Los efectos del nivel del mar para los países costeros debido al

derretimiento de los hielos por el calentamiento global y la desaparición de especies, por la misma causa, son conocidos.

La pérdida total de especies puede resultar de la inadaptabilidad al deterioro de las condiciones ambientales o de la imposibilidad de emigrar, ya sea por la pérdida de la continuidad espacial o temporal en esas condiciones (Overpeck *et al.*, 2003). No obstante las condiciones climáticas por sí solas no explican el grado y rango de la biodiversidad actual, que tiende a la persistencia (Alverson, 2002), en estas circunstancias el cambio climático brusco tiene serias consecuencias.

Evidencias actuales confirman que existe una estrecha relación entre el aumento de las emisiones y la temperatura (Bradley *et al.*, Labeyrie *et al.*, 2003).

2.6. La Reserva del Carbono Orgánico del Suelo (RCOS).

La reserva del carbono orgánico del suelo es un indicador de la calidad y estado de conservación de los suelos (Kononova, 1981; Carter, 2002) y su conocimiento es importante en la toma de decisiones con fines de planificación de un territorio; sin embargo, en Cuba existen muy pocos estudios de determinación de la RCOS.

Cuantificar la reserva de carbono en las cuencas hidrográficas ha surgido como una necesidad en el contexto del cambio climático y sus implicaciones políticas.

La reserva de carbono es una variable fundamental en la aplicación exitosa de modelos relacionados con el secuestro o emisión del carbono por los ecosistemas, incluyendo los agroecosistemas, cuyos resultados dependen en gran medida de la calidad de la información que se dispone y la escala del estudio (Burrough y Mc Donnell, 1998).

El conocimiento lo más detallado posible de la distribución espacial de la reserva de carbono es de gran importancia para fines de planificación; sobre esta base, es posible dar elementos de los sitios más promisorios, desde el punto de vista ecológico – económico, para el establecimiento de bosques y otros tipos de uso de la tierra, que maximicen el secuestro del carbono.

La fuente de información para el cálculo de la reserva el carbono de los suelos es la información edafológica, el método utilizado para el cálculos de RCOS en un perfil consiste en la sumatoria de la reserva calculada en cada horizonte particular, perteneciente a perfiles de suelos caracterizados exhaustivamente por las variables

implicadas en todo sus horizontes, en las que se tienen en cuenta además del contenido de carbono, la densidad del suelo y el contenido de inclusiones.

La metodología más ampliamente difundida para el cálculo de RCOS consiste en calcular la reserva de suelos representativos completamente caracterizados y luego multiplicar el valor obtenido en el perfil por el área que ocupa en un mapa de suelo, mediante el empleo de un SIG; tal como fue realizado por Kimble *et al.* (1990) para el cálculo de la reserva global de carbono.

Para el cálculo de RCOS en los suelos minerales de Cuba (Ponce de León, 2003), utilizó un método de extrapolación matemática a partir del ajuste de funciones teóricas de distribución del carbono con la profundidad y curvas patrones de reserva de carbono por especie de suelo. La generalización espacial del cálculo de la reserva de carbono para toda Cuba se logró mediante un método de interpolación clasificatorio, utilizando un SIG, sobre la base del mapa de suelos y el mapa topográfico, ambos a escala 1:250 000, a una resolución de 1,25 minutos.

Esta metodología se validó y constituye un aporte nacional e internacional a la cuantificación de la reserva de carbono en los suelos minerales.

3. Materiales y métodos.

La investigación fue elaborada a través de la recopilación, análisis y síntesis de la información de la Subcuenca Ranchuelo perteneciente a la Cuenca Hidrográfica del Río “Sagua la Grande”. Se realiza un diagnóstico, para describir las características básicas de la zona en estudio, que permita identificar los factores que limitan la actividad agropecuaria y atentan contra el medio ambiente.

3.1. Diagnóstico de la Subcuenca Ranchuelo

La evaluación del estado actual de la Subcuenca se realiza sobre la base de la “Guía de diagnóstico medio ambiental de las Cuencas Hidrográficas de la República de Cuba (2000)”, analizándose los aspectos siguientes:

- Clasificación.
- Situación Geográfica.
- Caracterización físico - geográfica.
- Caracterización socio – cultural.
- Caracterización de las principales actividades productivas.
- Principales problemas ambientales.

3.1.1. Criterios utilizados para la clasificación de la Subcuenca.

La clasificación de la Subcuenca según su uso, vocación y potencialidades se realizó teniendo en cuenta lo referido por (Faustino 1997), Mc. Cammon (1994).

3.1.2. Método utilizado para la determinación de la situación Geográfica.

La determinación de las áreas de estudio se realizó a través del Estudio-Diagnóstico de la Cuenca Hidrográfica del Río Sagua la Grande, Dueñas, R; et al. (2002). Fueron determinados los límites, usando los métodos convencionales topográficos por el parte aguas y las cortinas, apoyados en el mapa regional con una escala de 1: 25000 y corregidos mediante el modelo digital de elevación.

3.1.3. Método para la caracterización físico - geográfica de la Subcuenca Ranchuelo.

Se realizó un análisis de la información del clima, relieve, hidrología, suelos y flora, utilizando como método la revisión de datos primarios y secundarios reflejados en los documentos rectores de los sectores que se encuentran en la Subcuenca relacionados a continuación:

- Mapa de la zona de explotación hidráulica del municipio Ranchuelo.

- Registros de hidrología superficial y redes hidrométricas, de la zona de explotación hidráulica del municipio Ranchuelo.

Se estudiaron los siguientes elementos Dueñas R. (2006):

Agua

- Disponibilidad de agua subterránea en el territorio de la subcuenca.
- Disponibilidad de agua superficial en el territorio de la subcuenca.
- Características de los embalses (presas, micropresas y minipresas).
- Análisis de la disponibilidad vs. demanda.
- Uso para la agricultura, para la industria, abastecimiento a la población y otros usos.
- Volumen anual per cápita para la población del territorio de la cuenca.

La cantidad de agua por habitantes se calculó según la “Demanda per cápita de agua” (l/día) de la población del Departamento de Normas de Proyecto del Instituto de Hidroeconomía. Año 1981 Norma 53- 91- 83. Tabla II.

TABLA II. DEMANDA PERCÁPITA DE AGUA (L/DÍA) DE LA POBLACIÓN						
Tamaño de la población en miles de personas	Distribución de la demanda en litros personas / días					
	Consumo domestico	Uso comerci al	Uso publico	Industrias locales	Propios del sistema	Demanda total
Menos – 2.0	145	87	44	15	9	300
2.0 – 10.0	160	96	48	16	10	330
10.0 – 25.0	175	105	51	18	11	360
25.0 – 50.0	190	112	57	19	12	390
50.0 – 100.0	200	116	59	20	15	410
100.0 – 250.0	215	125	62	22	16	440
250.0 - 500.0	220	132	66	23	19	460
Más – 500.0	225	135	68	23	19	470

Nota: todos los valores incluyen las pérdidas en los sistemas de entrega y distribución (15 – 20 %). No se incluye el consumo de las Empresas Industriales cuya producción no se destina a la localidad., por lo que su cálculo deberá hacerse por separado.

El agua disponible por habitantes se calculó mediante la relación entre los volúmenes de agua subterránea, superficial y captada y el número de habitantes, luego se realizó la evaluación de su disponibilidad utilizando la escala de indicadores de disponibilidad potencial de recursos hídricos (Pérez Franco, 2002) (Tabla III).

Tabla III. Indicadores de disponibilidad potencial de recursos hídricos por región. Pérez Franco (2002).		
Escala		Clasificación
Menor 1000 m ³	Cantidad de Agua por habitante	Catastróficamente Bajo
Menor 2000 m ³	Cantidad de Agua por habitante	Muy Bajo
Menor 5000 m ³	Cantidad de Agua por habitante	De bajo Nivel
Mayor 5000 m ³	Cantidad de Agua por habitante	Satisfactorio

3.1.4. Caracterización de la flora.

Se realizó la recopilación, análisis y síntesis de la información existente en la empresa forestal integral "Villa Clara", el Servicio Estatal Forestal y el proyecto de ordenación forestal de la provincia de Villa Clara. Fueron entrevistados además el Vicepresidente de la Defensa, el Especialista del Servicio Estatal Forestal y el Especialista del CITMA en el municipio Ranchuelo, determinándose:

- Superficie boscosa de la subcuenca hidrográfica y del municipio.
- Área a reforestar de las márgenes de los ríos y embalses.
- Propuestas de plan para el incremento de la superficie boscosa. (proyección).
- Relación de especies recomendadas en la faja hidrorreguladora.

3.1.5. Métodos y fuentes de obtención de datos para la ejecución de la caracterización socio – cultural.

La caracterización socio – cultural se realizó utilizando como método la revisión de datos primarios existentes en la dirección municipal de estadística, la dirección del gobierno y cultura del municipio Ranchuelo, así como la suministrada por los presidentes de los consejos populares, entre otras.

3.1.6. Herramientas utilizadas para la caracterización de las principales actividades productivas.

Para caracterizar las principales actividades productivas se utilizó como método, la revisión de datos primarios y secundarios, entrevistas con funcionarios públicos,

encuestas informales (entrevistas con agricultores, y observaciones de campo). Los principales documentos utilizados fueron:

- Registro de tenencia de tierra GEOCUBA Ranchuelo.
- Registros de series históricas de la actividad agrícola, pecuaria y forestal.
- Modelos de uso de la tierra de las empresas agrícolas del territorio.

3.1.7. Métodos para la identificación de los principales problemas ambientales.

Los problemas ambientales se identificaron a través de la revisión de datos primarios, resúmenes de la actividad del CITMA en el municipio Ranchuelo. Entrevistas con especialistas del CITMA, Salud Pública y el registro de los focos contaminantes de la provincia de Villa Clara. Se tuvo en cuenta además los diagnósticos realizados por especialistas de planificación física y el CESAM en el territorio.

3.2. Estudio del Medio Físico Agua.

Los recursos hídricos se estudiaron mediante la información suministrada por la empresa provincial de aprovechamiento hidráulico de Villa Clara y especialistas de riego y drenaje del territorio.

3.3. Clima

La caracterización del clima se realizó acorde al mapa de regionalización climática general de la República de Cuba (Díaz Cisneros, 1989). Los datos climáticos se corresponden con los de una serie histórica de 21 años de la estación meteorológica del INIVIT, situada a 18 Km. del punto medio de la subcuenca y perteneciente al centro meteorológico provincial del CITMA de Villa Clara.

Las precipitaciones se corresponden con la media de una serie de 28 años (1980 – 2007) de un pluviómetro situado en el área central de la subcuenca. La lluvia aprovechable se calculó por el método del USDA Soil Conservation Service (CROPWAT versión 7.0).

3.4. Estudio del medio físico suelo.

La información de suelos fue suministrada por el laboratorio provincial de suelos del MINAGRI en Villa Clara, el Centro Nacional de Referencia de Suelos (Cuba – NASREC, 1994) y la subdirección de Servicios Científico – Técnicos de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar de Villa Clara – Cienfuegos – Sancti Spíritus.

3.5 Evaluación de la aptitud física de las tierras

3.5.1. AGRO24.

Para la realización de este trabajo se siguió el procedimiento metodológico descrito por Balmaseda y Ponce de León (2000) y Pérez (2002), empleado en el marco del Programa Nacional de Evaluación de las Tierras Dedicadas al Cultivo de la Caña de Azúcar, proyecto “Estudio, evaluación y monitoreo de suelos para el desarrollo de tecnologías integrales y sostenibles de producción de la caña de azúcar”. Código: 00101102. (Villegas, 2001).

El modelo de evaluación empleado es el desarrollado por Mesa y Mesa (1993), implementado en el sistema automatizado AGRO24, el cual utiliza 11 variables, de suelo y clima, para determinar las categorías de aptitud de las tierras. La fuente de datos proviene del mapa nacional de suelos, escala 1:25000, y los perfiles asociados al mismo. Para la captura de la información se empleó el sistema *Preagro24* (INICA, 2000), el cual constituye una interfase que permite asociar los resultados de la evaluación con los mapas digitales.

3.5.2. CERES

Es un software para la evaluación agro-productiva del suelo tiene como base la metodología aplicada por Storie en la clasificación de los suelos de acuerdo a su aptitud para el riego. Considera un factor *A* que evalúa todos los subtipos de suelos que existen en el país acorde a Segunda Clasificación Genética de los suelos de Cuba, se añaden las características del manejo y aptitud de los cultivos; un factor *B* que está basado en la profundidad efectiva del suelo, índice considerado en la fórmula y que clasifica al contorno de suelo. Un factor *C* que considera la pendiente del terreno (*t*). Otras propiedades del suelo se incluyen en el factor *X* que pueden estar o no considerados en la fórmula (erosión, salinidad, humificación en la capa arable, grado de gleysación, concreciones en los primeros 50cm de profundidad, profundidad pedológica, grado de lavado, graviliosidad, pedregosidad, rocosidad y textura). El factor *X*, luego será el resultado de la ecuación siguiente

$$\text{Factor } X = e*s*h*g*c*p*l*v*w*r*t.$$

Este programa fue implementado para ambiente Windows, en el sistema de programación visual Borland Delphi ver.6. Como resultado final el sistema brinda una puntuación del suelo, la cual está relacionada con su productividad y una clasificación,

que no es más que el valor del grado al grupo que pertenece el suelo en estudio. Ofrece además una descripción evaluativa del suelo y sus factores limitantes, así como las posibles medidas para corregir estos factores limitantes.

3.6. Sistema de información geográfica

Los mapas topográficos y catastrales del territorio escala 1:25 000 y 1:10 000 fueron primeramente escaneados y posteriormente digitalizados utilizando el SIG MAPINFO (versión 8.0), donde se obtuvieron las bases de datos digitales almacenadas en las diferentes capas temáticas (hidrografía, viales, uso de la tierra, entre otras). Se digitalizaron además las curvas de nivel, lo que permitió la confección del modelo digital de elevación del área en estudio.

La conjugación de las informaciones espaciales y temáticas se realizó mediante un identificador común, que una vez asociadas en el SIG permitió generar los diferentes escenarios (mapas temáticos) de gran utilidad en el proceso de toma de decisiones.

3.7. Evaluación del agroecosistema.

Para la evaluación de la sostenibilidad del agroecosistema se utilizó la metodología modificada de Altieri y Nichols (2002); la cual se basa en la determinación de 8 indicadores relacionados con la calidad del suelo: topografía, compactación e infiltración, retención de humedad, color y materia orgánica, cobertura del suelo, estado de los residuos, actividad biológica y la erosión. Cada indicador presenta tres niveles con puntuaciones de 1, 5 y 10 respectivamente; donde la unidad mínima (polígono de suelo) presentaba una situación favorable para el indicador evaluado, obtenía la puntuación máxima (10 puntos) y donde la situación era crítica un solo punto (Anexo1). De esta forma con la ayuda del SIG se pudo conformar un mapa temático donde se puede apreciar los suelos que más problemas presentan en relación a la sostenibilidad y necesitan de medidas para el mejor manejo y conservación del agroecosistema.

3.8. Cálculo de la reserva de carbono orgánico del suelo (RCOS)

El cálculo de RCOS se realizó a partir de la información de perfiles de suelos previamente caracterizados por las variables de interés (metodología tradicional), suele expresarse en toneladas por hectárea ($t\ ha^{-1}$) ó en Kilogramos por m^{-2} ($Kg.\ m^{-2}$). La fórmula de cálculo es la siguiente:

$$RCOS = \sum_{i=1}^n COS(i) * ds(i) * h(i) * (1 - I(i))$$

Donde: RCOS – Reserva de carbono orgánico del suelo ($t\ ha^{-1}$)

COS(i) – Es el contenido de carbono orgánico del suelo de cada capa u horizonte de suelo considerado en $Mg.m^{-3}$.

h(i) – Es la potencia del horizonte i, expresada en cm.

I(i) -- Es el contenido de inclusiones, expresado en partes de la unidad.

Para el cálculo de la reserva total de carbono en el territorio de la subcuenca se multiplicó el valor puntual obtenido en cada perfil de suelo por el área que este representa. La información de suelos fue obtenida a partir del mapa de suelos 1: 25 000 y el Estudio de Suelos para el Manejo Integral de la Caña de Azúcar en el CAI Ifraín Alfonso (Pineda, 1999). Sólo se realizó el cálculo para el primer horizonte con una profundidad promedio de 30 cm. Los valores de RCOS fueron transformados a formato digital mediante un SIG, confeccionándose el mapa temático correspondiente.

4. Resultados y discusión.

4.1. Caracterización de la Subcuenca Hidrográfica Ranchuelo.

La Subcuenca Ranchuelo se localiza en el suroeste de la cuenca hidrográfica del río Sagua La Grande (Figura 3) y abarca una superficie de aproximadamente 87,7 Km². En ella se desarrollan importantes actividades económicas y sociales del municipio que lleva su nombre entre las que se encuentran la producción azucarera, fábricas de cigarrros y tabaco, empresas pecuarias y de cultivos varios, policlínicos, escuelas urbanas y rurales, círculos infantiles, hogar de ancianos, entre otros. Comprende los consejos populares de Ranchuelo Centro, Ranchuelo Jagua, Ifraín Alfonso, 10 de Octubre y Horqueta - Delicias.

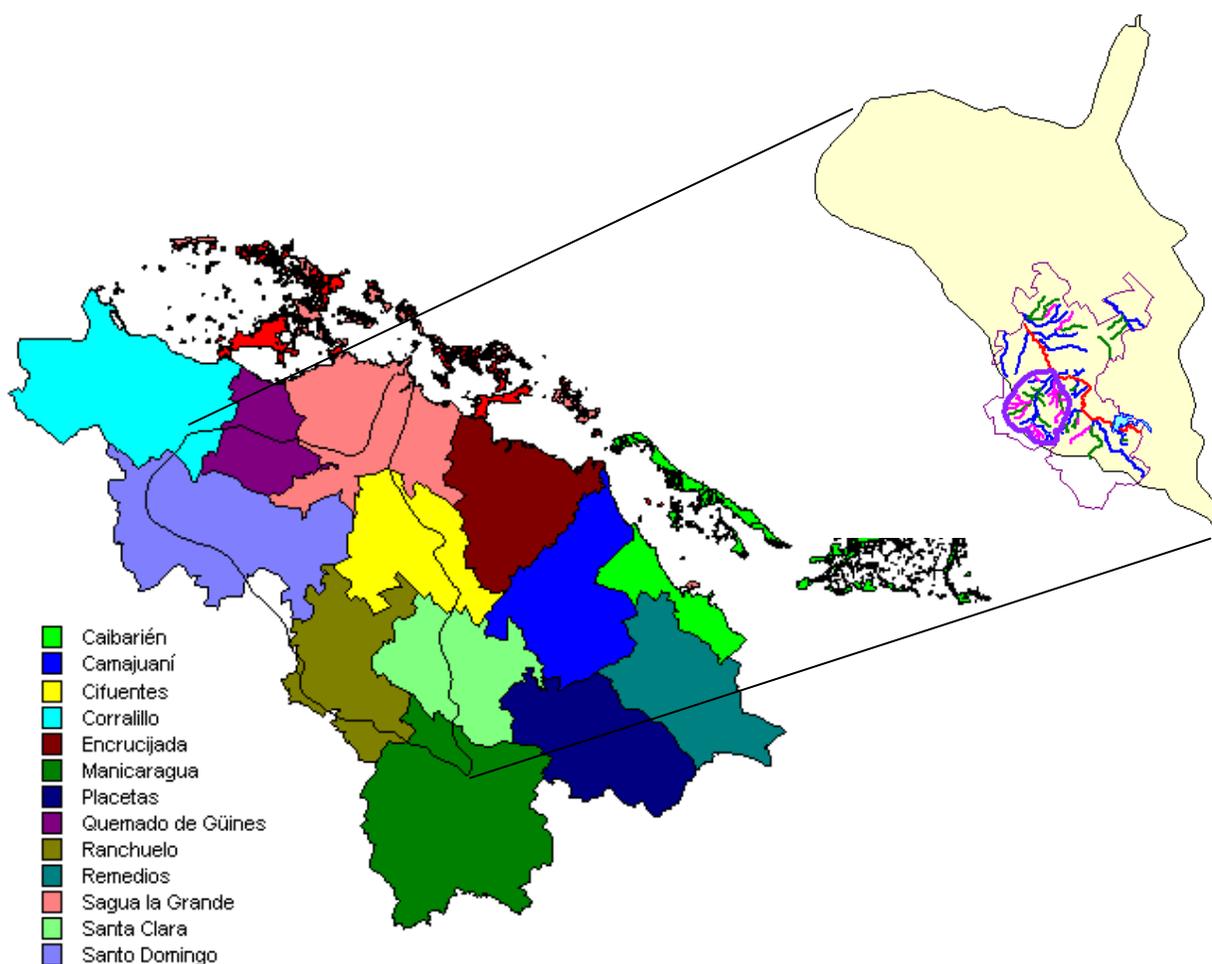


Figura 3. Distribución Geográfica de la Subcuenca Ranchuelo (Cuenca Hidrográfica Sagua La Grande, Villa Clara).

4.1.1. Clasificación.

Se considera una subcuenca por presentar escurrimientos superficiales de corrientes mayores que fluyen hacia el río principal de la cuenca fluvial. Teniendo en cuenta su uso, vocación y potencialidades, se clasifica para la producción agrícola según la metodología establecida por Faustino (1997), y Mc Cammon (1994).

4.1.2. Clima.

El clima se clasifica como tropical con verano húmedo (Aw) de régimen de humedad alternante caracterizado por una estación húmeda de mayo a octubre y una estación seca de noviembre a abril.

La lluvia promedio anual es de 1396,4 mm de la cual el 76,74 % cae en el período húmedo.

Tabla IV. Datos Climáticos de la Subcuenca Ranchuelo. Promedio de 21 años. (Estación Meteorológica de “Santo Domingo” a 18 Km de distancia del punto medio de la subcuenca, 80 m de altitud, 22° 25´ N y 80° 10´W).

Mes	Temp. media (°C)	Hum. relativa (%)	Evap. (mm)	Precip. (mm)	Veloc. viento (km/hr)	Insolac. (horas/día)	Radiación Solar (MJ/m ² /día)	Evapot. Referencia (mm/día)
Enero	20,8	80	4,5	47,6	7,7	6,7	19,2	3,97
Febrero	21,6	78	5,6	42,9	8,3	7,2	20,6	4,49
Marzo	22,8	75	6,3	64,6	9,1	7,7	21,6	4,98
Abril	24,2	73	7,4	91,1	8,5	8,8	22,7	5,26
Mayo	25,5	77	7,3	169,3	8,5	7,5	19,5	4,73
Junio	26,6	81	6,7	226,8	7,8	6,4	17,3	4,22
Julio	26,9	80	7,2	144,4	6,1	7,0	18,3	4,31
Agosto	26,9	81	6,8	161,1	6,5	7,1	19,5	4,58
Sept.	26,2	84	6,1	215,2	5,5	7,1	20,3	4,51
Oct.	25,2	84	5,4	130,6	6,5	7,1	20,2	4,4
Nov.	23,5	84	4,5	53,4	7,7	6,5	18,9	4,04
Dic.	21,7	82	4,1	49,4	7,3	6,4	18,4	3,84
Media/ Anual	24,3	79,9	5,99	1396,4	7,5	7,1	19,71	4,44

Los meses más calurosos son julio y agosto con 26,9 °C cada uno y el más frío enero con 20,8 °C, mientras la mayor radiación solar y demanda evapotranspirativa ocurre en abril (tabla IV).

El mes más lluvioso es junio con 226,8 mm seguido de septiembre y mayo en ese mismo orden, mientras los meses más secos son febrero, enero y diciembre (tabla IV).

La figura 4 muestra la temperatura e insolación medias en el territorio de la subcuenca, teniendo en cuenta los valores que presentan estos indicadores en la región podemos decir que están en el rango óptimo para el desarrollo de los cultivos.

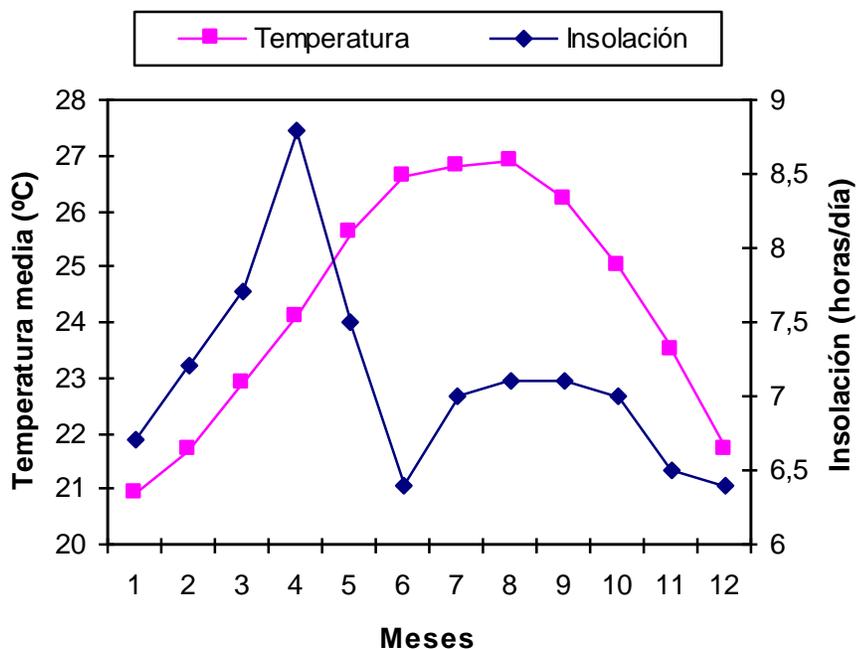


Figura 4. Temperatura e insolación medias en el territorio de la subcuenca Ranchuelo.

La figura 5 refleja la distribución mensual de la precipitación media y la precipitación efectiva en la subcuenca hidrográfica de Ranchuelo.

La longitud del período de crecimiento (caña de azúcar) se extiende aproximadamente desde el 20 de abril hasta el 25 de noviembre, siendo la etapa de máximo crecimiento la comprendida entre el 8 de mayo y el 31 de octubre (Figura. 6).

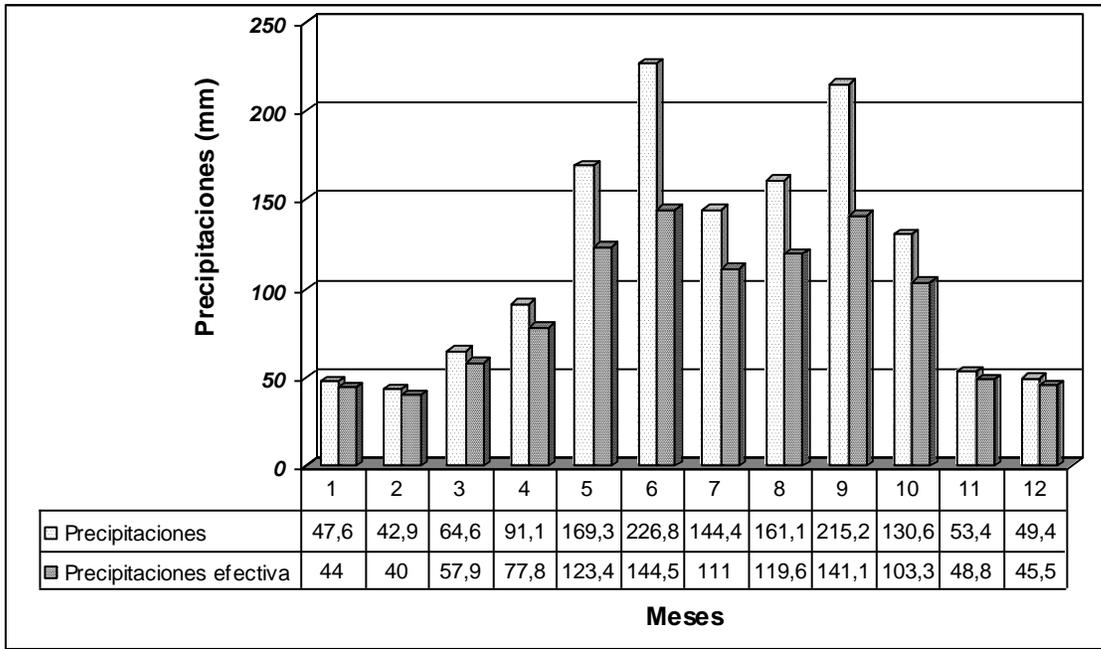


Figura 5. Distribución mensual de la precipitación media y la precipitación efectiva en la subcuenca hidrográfica de Ranchuelo.

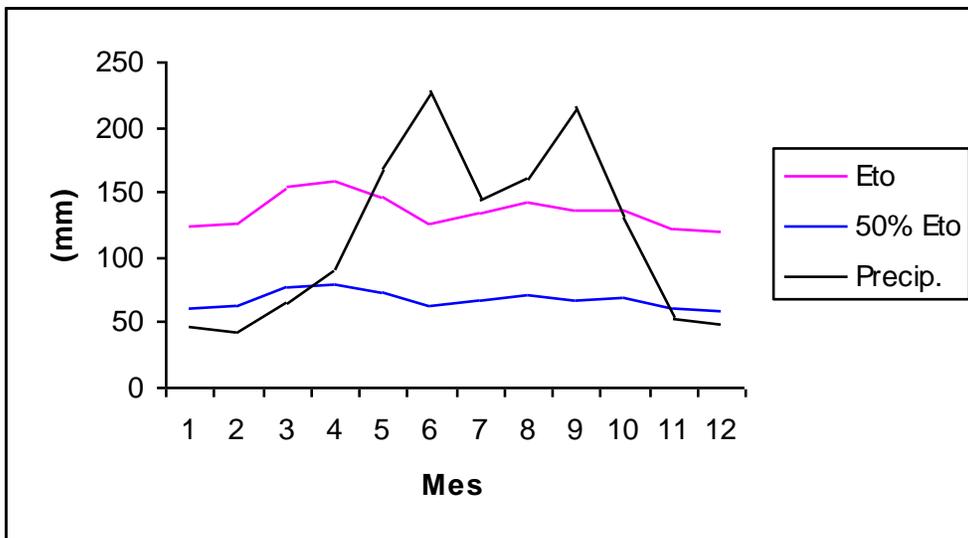


Figura 6. Longitud del período de crecimiento en la subcuenca Ranchuelo.

4.1.3. Características generales de la vegetación de la subcuenca:

Según Franco (2002) la cuenca del río “Sagua la Grande”, es considerada una enorme vitrina ecológica con una diversa representación de ecosistemas tropicales, aun cuando en más del 50% del territorio ha sufrido algún grado de deterioro.

En la subcuenca Ranchuelo se pueden encontrar fundamentalmente los siguientes tipos de vegetación:

- ☞ Bosques semidecuidos mesófilos y micrófilos
- ☞ Cultivos agrícolas con focos de pastos y vegetación secundaria
- ☞ Pastos con focos de cultivos y vegetación secundaria
- ☞ Plantaciones forestales
- ☞ Sabanas antropizadas con y sin uso en la ganadería

4.1.4. Análisis de la cobertura boscosa en la Subcuenca

El análisis de la cobertura boscosa de la cuenca Sagua la Grande (Céspedes, 2003) muestra que el área geográfica perteneciente a la subcuenca Ranchuelo es una de la más deforestada de la región (Figura 7). La vegetación original de la región consistía de bosques semidecuidos tropicales con especies como Palma real (*Roystonea regia*), Cedro (*Cedrela mexicana*), Caoba (*Swietenia mahagoni*), Majagua (*Hibiscus elatus*), Guásima (*Guazuma tormentosa*), entre otras. En la actualidad la vegetación predominante es de sabana, donde predomina el cultivo de la caña de azúcar, pastos y algunas especies forestales entre las que se encuentran plantaciones de *Tectona grandis* L., *Pinus caribaea* var. *caribaea*, así como *Eucaliptus* sp.

Desde el punto de vista de la cobertura pudimos constatar que de 8770 ha del área de la cuenca, el 98,4 % corresponde a área no forestal, es decir, área destinada a otros usos, y solo un 1.6 % a plantaciones y bosques naturales (tabla V).

Tabla V. Situación forestal en el municipio Ranchuelo (2008).

Categoría	Total	MINAZ	Forestal	SCC	C/V	UAM	Popular
Plantaciones Juveniles	1460.61	1223.4	25.2	62.1	26.1	118.41	5.4
Plantaciones (+ de 3años)	590.9	337.26	92.4	22.4	25.64	84.7	28.5
Bosques Naturales	285.3	41.7	-	52.6	161.0	30.0	-
Área inforestal	394.4	349.7	5.9		38.8		-
Patrimonio forestal	2731.21	1952.06	123.5	137.1	251.54	233.1	33.9
Área cubierta	876.2	378.96	92.4	75.0	186.64	114.7	28.5
Índice de boscosidad	1.6%						

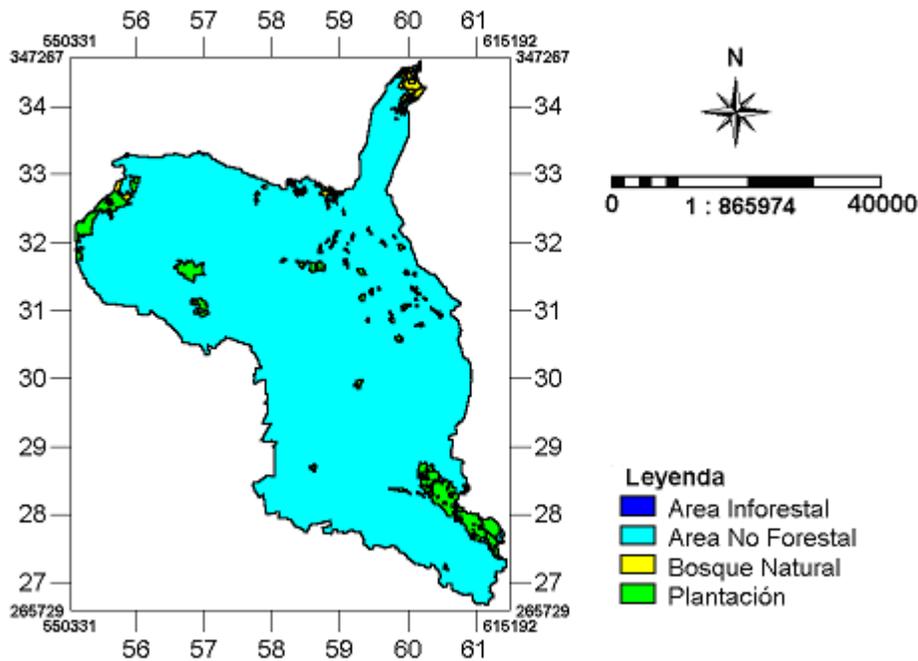


Figura 7. Distribución de la cubierta forestal en la cuenca Sagua la Grande.

Las principales dificultades se encuentran en el no cumplimiento de la ley forestal en su capítulo No. 4 (ancho de la faja forestal) y lo establecido en la norma cubana 93 – 01 – 206, pues las siembras y el pastoreo en el río y sus afluentes llegan a la rivera ocupando la faja protectora, presentándose interrupciones en el caudal por tranques construidos por campesinos independientes, es necesario significar que una gran parte del área está ocupada por marabú (*Dichrostachys glomerata*).

4.2. Red hidrográfica en el área de la subcuenca.

El municipio Ranchuelo posee la red hidrográfica más densa dentro de los ocho municipios que componen la cuenca Sagua la Grande, con una longitud de 709,38 km de ríos de las 4 categorías (Figura 8).

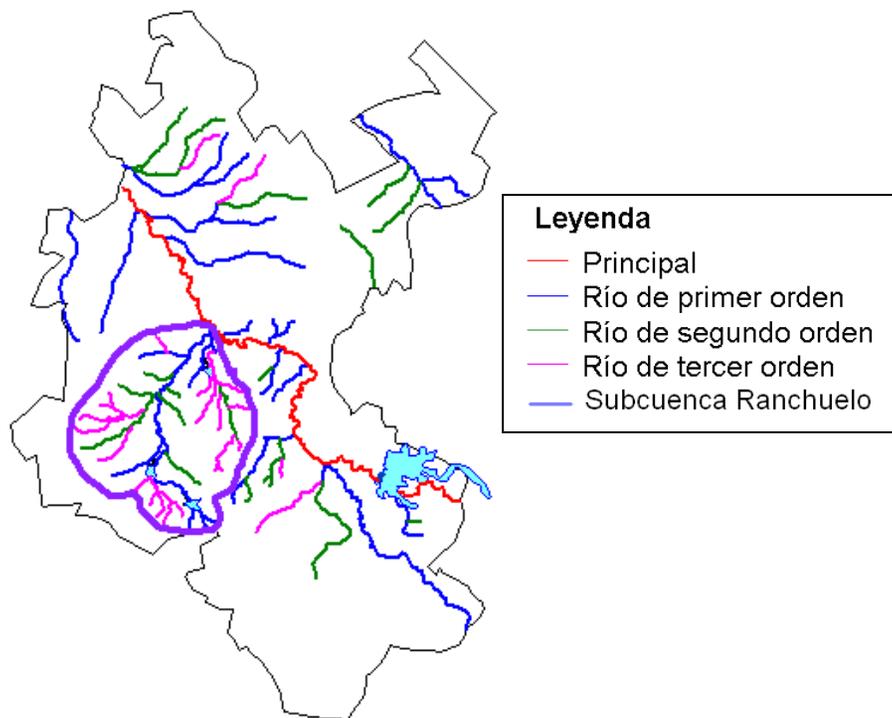


Figura 8. Red hidrográfica de la Subcuenca Ranchuelo.

4.2.1. Potencial hidrogeológico.

El territorio carece de interés hidrogeológico por la baja acuosidad de las rocas colectoras difundidas en el área. Presenta un acuífero del sistema Paleógeno formado por una franja ancha que se extiende desde el Oeste hasta el Sureste y alcanza un volumen de reserva total de $16 \times 10^6 \text{ m}^3$, aproximadamente de la cual $1.0 \times 10^6 \text{ m}^3$ constituyen el recurso que actualmente se explota.

El valor de la profundidad de yacencia de estas aguas subterráneas es superior a los 14 metros, existiendo rangos menores hacia la parte sureste.

4.2.2. Acuosidad y Abasto de agua

El territorio se caracteriza por tener débil acuosidad con gastos de los pozos de uno a tres litros por segundo y solo en puntos aislados se pueden encontrar gastos relativamente mayores, los cuales están relacionados con algún fenómeno tectónico y en menor grado con las áreas de las terrazas fluviales debido a la alimentación de las aguas superficiales.

La situación actual es crítica en cuanto a la distribución de agua potable, pues no existe acueducto y la generalidad de la población se abastece únicamente de pozos criollos, lo que significa que está altamente expuesta a las enfermedades de transmisión hídrica ya que la generalidad de sus pozos, en mayor o menor grado se encuentran contaminados.

4.2.3. Abasto de agua en la agricultura

El área bajo riego es sólo el 2.63% de la superficie cultivada, lo cual se convierte en un serio problema para el rendimiento de los cultivos lo que en su mayoría están a expensas de la naturaleza.

4.2.4. Análisis del consumo de agua en la empresa azucarera Ifraín Alfonso.

La empresa azucarera Ifraín Alfonso durante la zafra del 2008 alcanzó un índice de consumo de agua de $0,11 \text{ m}^3 \times \text{TN}^{-1}$ de caña molida, lo que lo convierte en unos de los centrales más eficientes en el consumo de agua del país.

4.2.5. Solución de residuales.

Conjuntamente con la disponibilidad de agua potable y los convenientes que se generan para el desarrollo de la actividad humana, recibe especial interés la situación del alcantarillado, cómo vía a través de la cual se liberan los desechos más peligrosos para la salud de la población y para el ecosistema.

La situación que presenta la evacuación de residuales resulta en extremo crítica sólo el 3.5 % de la población dispone de solución parcial de alcantarillado siendo esta la forma más adecuada de evacuación de residuales. Existe un elevado número de fosas y letrinas (una por cada cuatro habitantes), que han motivado entre otras cosas que la generalidad de los pozos tengan grandes niveles contaminación, principalmente cuando se incumple con la separación permisible entre ellos.

4.2.6. Morbilidad

Los principales contaminantes de las aguas en el territorio son el Amoníaco (NH_4), el Nitrato (NO_3^-) y el Nitrito (NO_2^-), el que se forma a partir de la reducción del Nitrato.

Cuando se analizaron las muestras en el territorio se encontraron valores de NO_2^- y NO_3^- por encima de las normas establecidas. La mayor concentración de muestras contaminadas se encuentra en los sitios poblados y asentamientos rurales donde existen problemas con las condiciones higiénicas sanitarias.

Se detectaron muestras con rangos de NO_3^- que van desde 47 hasta 155 mg/l y NO_2^- de 0,03 a 0.019mg/l. Las muestras para análisis bacteriológicos reflejan que de 21 fuentes analizadas, 15 estaban contaminadas con coli total y coli fecal, acorde a la NC 27 para los indicadores de contaminación total y fecal máximos admisibles en los cuerpos receptores según su clasificación cualitativa (Santiago J. F., 2006), con valores que llegaron a alcanzar las 24 000 unidades en algunos lugares (> 1000 y 200 NMP/100g respectivamente), estos contaminantes pueden estar relacionados con el elevado número de fosas existentes si tenemos en cuenta que muchas no cuentan con los estudios previos y las condiciones necesarias para su construcción.

4.2.7. Contaminación de las fuentes de abasto.

Prácticamente los núcleos urbanos del territorio no tienen tratamiento de residuales y algunos poseen una red de alcantarillado pero con el objetivo de recoger los albañales y descargarlos a la red fluvial en un punto determinado, sumándose a estos la cantidad de industrias y otros focos que vierten residuales directamente en los ríos, por lo que constituye motivo de preocupación la situación de la subcuenca ya que dichos focos contaminan las aguas superficiales y a su vez las subterráneas por esta misma vía o de forma directa.

La tabla VI muestra valores de los indicadores sanitarios obtenidos en el muestreo realizado en el puente de la autopista nacional, los mismos demuestran que las aguas del río Ranchuelo presentan un índice de contaminación elevado (Núñez y Domínguez, 2007), ya que los valores de coliformes totales superan los máximos permitidos por la NC 27 para los indicadores de contaminación totales máximos admisibles en los cuerpos receptores según su clasificación cualitativa (< 1000 NPM/100ml) (Santiago J. F., 2006)

Tabla VI. Indicadores sanitarios del río Ranchuelo (Puente de la autopista nacional)

Indicadores	Valores
Coliformes totales	1110 NPM/100ml
Oxígeno Disuelto	32% Saturación
DBO (Demanda Biológica de Oxígeno)	11 mg/l

La tabla VII muestra un análisis de la carga generada por los residuales del Porcino Integral “Las Tecas” y el motel del mismo nombre, los cuales son vertidos directamente al río sin previo tratamiento.

Tabla VII. Carga DBO generada por los residuales Porcino Integral “Las Tecas” y el motel “las Tecas” (Río Ranchuelo).

Industria	Carga DBO Generada	
	Kg/d	Ton/a
Porcino Integral “Las Tecas”	1934	705.9
Motel “Las Tecas”	10	2.3
Total	1944	709.6

4.2.8. Indicador de la disponibilidad de agua por habitante

Agua Superficial: 5,3 MM m³

La tabla VIII refleja algunas características de las micropresas pertenecientes a la subcuenca Ranchuelo.

Tabla VIII. Características de las micropresas de la subcuenca Ranchuelo.

EMPRESA	MICROPRESA	VOLUMEN DE EMBALSE (MM m ³)	AREA DE EMBALSE KM ²	COORDENADAS		AÑO CONST.
				N	E	
I. Alfonso	La Lola	0,80	0,40	281,3	588,1	1980
I. Alfonso	La Campa	1,10	0,40	282,0	584,8	1976
I. Alfonso	Pelayo	2,00	0,50	280,0	587,2	1976
TOTAL		3,9	1,30	-	-	-

Agua Subterránea: 16 MM m³

Agua Captada: 0,25 MM m³

Agua Explotada: 1MM m³

Reserva de agua total: Agua Subterránea + Agua Superficial + Agua Captada

Reserva de agua total: 21,55 MM m³

Cantidad de habitantes: 26 033

Agua/habitante/año (m³): 827,79 m³

Al calcular la disponibilidad de agua por habitante se comprobó que su valor es de 827,79 m³ por habitante por año, lo que permite clasificar a la región como catastróficamente baja (Figura 9) de acuerdo a la disponibilidad potencial de los recursos hídricos según Pérez Franco (2002).

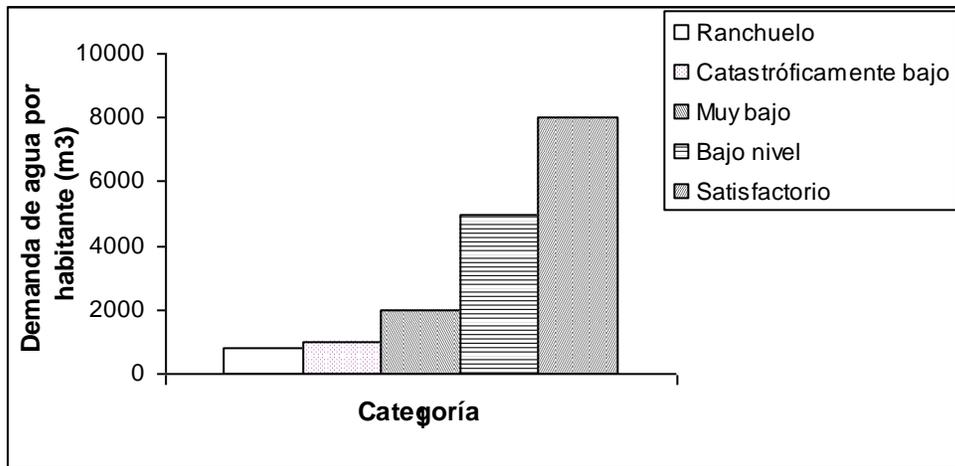


Figura 9. Disponibilidad de agua por habitante según Pérez Franco (2002).

4.2.9. Cálculo de la demanda potencial total

Acorde a la tabla II (Capítulo Materiales y Métodos) del Departamento de Normas de Proyecto del Instituto de Hidroeconomía (1981). Para una población entre 25000 y 50000 habitantes, como la existente en la subcuenca Ranchuelo el consumo potencial per cápita doméstico es de 190 l/día equivalente a una demanda de 1,8 MMm³ de agua al año para toda la población. Si tenemos en cuenta en el análisis, además del consumo doméstico, el uso comercial, público y las industrias locales, la demanda se incrementa a 390 l/día per cápita lo que representa una demanda total de 3,7 MMm³ de agua, lo que confirma que la cantidad de los recursos hídricos en el territorio de la subcuenca es crítica.

4.3. Suelos y uso actual

Los suelos son generalmente pardos derivados de rocas calcáreas y efusivas o sedimentarias con diferentes contenidos de carbonato de calcio. Durante las últimas décadas la mayor parte del área se destina al cultivo de la caña de azúcar, estando sujeta a altos niveles de mecanización y fertilización. Existen otras áreas destinadas a ganadería y cultivos varios con el propósito de autoabastecer de alimentos a su población (Tabla IX).

El 23 % de la superficie de la subcuenca está ociosa, con un 8,4 % infestada de marabú, la cual pudiera estar bajo explotación agrícola dada la calidad de sus suelos, lo que denota una subexplotación de las tierras del territorio.

Tabla IX. Uso actual de la tierra en la subcuenca Ranchuelo.

Indicador	Area (ha)	%
Superficie Total	8768.85	100
Superficie Agrícola	8330,41	95
Caña	6414,42	77
Sembrada de caña	3959,44	47,53
Cultivos Varios	384,86	6
Pecuario	475,13	12
Forestal	19,24	5
Area Vacía	9,50	2
Ociosa (Marabú)	1915,99 (699,75)	23 (8,4)

4.3.1. Caracterización de los suelos de la Subcuenca hidrográfica de Ranchuelo.

En la región existen fundamentalmente 4 agrupamientos de suelos de acuerdo a la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández y col, 1999) (Tabla X).

Tabla X. Principales agrupamientos de suelo de la subcuenca Ranchuelo acorde a la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández y col, 1999) y la II CGSC (Instituto de Suelos, 1975).

Nueva Versión de CGSC (Hernández y col., 1999)		II Clasificación Genética de Suelos de Cuba (Hernández y col., 1975)	
Agrupamiento	Tipo	Agrupamiento	Tipo
Pardo	Pardo Sialítico	Pardo	Pardo con carbonatos
Húmico Sialítico	Húmico calcimórfico	Húmico calcimórfico	Húmico carbonático
Vertisol	Vertisol Pélico	Oscuro plástico o Vertisuelo	Oscuro plástico no gleyzado y gleyzoso
Fersialítico	Fersialítico pardo rojizo.	Fersialítico	Fersialítico pardo rojizo.

4.3.2. Agrupamiento de suelos Pardos

Son los suelos más abundantes de la región, se forman bajo el proceso de sialitización, representado por el horizonte principal Siálico. Existe un predominio de minerales arcillosos del tipo 2:1, principalmente montmorillonita, con relación $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ mayor de 2,0. El contenido en hierro libre no sobrepasa el 3%, siendo la relación Fe_l/Fe_t en suelo, menor de 40%. La carbonatación y su lavado influyen en la formación y distribución del humus, alcanzando la materia orgánica valores de 4-6% (en suelos erosionados puede ser menor de 4%). Poseen una capacidad catiónica cambiante mayor de 30 meq/100g; predominando el calcio entre los cationes. El pH es neutro o ligeramente alcalino (7-8), aumentando con la profundidad, aunque en los suelos lavados puede disminuir a 6.0.

Tipo Pardo sialítico:

Suelo de perfil ABC ó A(B)C formados a partir de diferentes rocas, excepto Granitoides, (areniscas, pizarras, tobas, lutitas, gabro, diabasas, porfiritas, serpentinitas, etc.). Presenta un horizonte B siálico, representativo del agrupamiento.

Subtipos:

Mullido: Con horizonte A mullido.

Ocrico: Con horizonte A ócrico.

Cálcico: Con horizonte cálcico en (B ó C)

Gléyico: Con características gléyicas entre 50 y 80cm de profundidad.

Gleyzoso: Con características de gleyzación suave en la parte superior del perfil en superficie y pardas amarillentas en el horizonte A.

Vértico: Tiene características vérticas.

Gleyzoso y Vértico: Tiene propiedades de gleyzación suave y características vérticas.

Géneros:

Carbonatados: Con carbonato de calcio desde el horizonte A.

Medianamente lavado: Con carbonato de calcio a partir del horizonte B.

Lavado: Cuando el carbonato de calcio se presenta solamente en el horizonte B.

Sin carbonatos: No tiene carbonato en el perfil.

Ferromagnésial: En suelos Pardos formados de serpentinita, con predominio del magnesio entre las bases cambiables.

Lítico: Con contacto lítico.

Paralítico: Presenta contacto paralítico.

Breve descripción de campo: Suelos de color pardo oscuro o pardo amarillento de moderadamente a poco profundos, bien drenados, arcillosos, plásticos a ligeramente plásticos, estructura generalmente en bloques sub(angulares), porosos, que esfervecen generalmente al ácido clorhídrico. En período de seca aparecen en la superficie pequeñas grietas.

Principales limitaciones:

- Poca profundidad efectiva.
- Desbalance nutricional provocado por exceso del Ca en el complejo de absorción.
- Drenaje deficiente en las zonas más bajas.
- Compactación.
- Peligro potencial a la erosión en las zonas de mayor pendiente.
- Afectaciones por pedregosidad y graviliosidad.

4.3.3. Agrupamiento de suelos Húmico Sialítico.

Son suelos que tienen horizonte principal humificado con perfiles de tipo AC, ACD o raramente A(B)C; donde nunca tiene un horizonte B definido. La transición del horizonte A al inferior generalmente es brusca. Se desarrollan en relieve ondulado o ligeramente ondulado sobre rocas calizas margosas, margas, etc., siempre de carácter friable y con presencia de CaCO_3 en todo el perfil o en parte de él, cuando han sufrido lavado. Poseen generalmente alto contenido de materia orgánica, producto a que la materia vegetal en presencia del calcio forma los humatos cálcicos (Húmicos Carbonáticos) y mor-moder cálcico (Rendzinas). De esta forma el horizonte A oscuro posee contenidos en materia orgánica superiores al 5%, excepto los erosionados; dicha materia orgánica facilita la formación de una estructura de granular a nuciforme estable y de gran valor agrícola. Son saturados, con más de 90% del complejo de adsorción ocupado por el catión calcio, siguiéndole el magnesio en importancia pero con valores menores, generalmente poseen un pH en agua mayor que 7.

El mineral arcilloso predominante es del tipo montmorillonita, lo que les confiere una CCC superior a 40 me/100 g.

Tipo Húmico Calcimórfico.

Son los suelos más desarrollados de este Agrupamiento, formándose a partir de calizas margosas suaves. El suelo es carbonatado o saturado por el calcio.

Subtipos:

Típico: Reúne las características del Tipo.

Gléyico: Con propiedades gléyicas entre 50 y 80cm de profundidad.

Vértico: Presenta características vérticas.

Gleyzoso: Con propiedades de gleyzación suave.

Gleyzoso y Vértico: Con propiedades de gleyzación suave y con características vérticas.

Géneros:

Carbonatado: Cuando tiene carbonatos desde la superficie.

Medianamente lavado: Cuando los carbonatos se presentan por debajo de 15cm del horizonte A.

Lavado: Los carbonatos no están en el horizonte A, sino en el horizonte C.

Lítico: Con contacto lítico.

Paralítico: Con contacto paralítico.

Tipo Rendzina.

Este tipo de suelo se forma a partir de rocas calizas, duras y semiduras siempre que presente el horizonte principal humificado. Generalmente tiene horizonte superficial con restos orgánicos poco descompuestos y el humus es mull cálcico.

Subtipos:

Negra: Con color negro, gris oscuro, en ocasiones pardo oscuro.

Roja: Con característica de color rojo.

Géneros:

Carbonatado y lítico: Con carbonatos y contacto lítico.

Carbonatado y paralítico: Con carbonatos y contacto paralítico.

Breve descripción de campo: Suelos de color pardo oscuro o negro, de moderadamente a poco profundos, bien drenados, arcillosos, plásticos a ligeramente plásticos, estructura granular, porosos, que esfervecen generalmente al ácido clorhídrico.

Principales limitaciones:

- ❑ Poca profundidad efectiva.
- ❑ Desbalance nutricional provocado por exceso del Ca en el complejo de absorción.
- ❑ Drenaje deficiente en las zonas más bajas.
- ❑ Compactación.

- Peligro potencial a la erosión en las zonas de mayor pendiente.
- Afectaciones por pedregosidad y graviliosidad.

4.3.4. Agrupamiento de Vertisoles.

La formación de este suelo está relacionada con sedimentos fluviales, fluviales deluviales, fluviales marinos, con un intenso arcillamiento del perfil, en un medio hidromórfico antiguo o semihidromórfico. Sobre este espesor arcilloso debido a la alternancia de sequía y humedad tienen lugar procesos de dilatación y contracción que dieron lugar a la formación de un horizonte principal vértico, presentando en época de sequía un profundo agrietamiento, lo que conlleva a la formación del microrelieve gilgai (saltanejo).

Son suelos de perfil AC ó A(B)C con poca diferenciación del solum, donde predomina la arcilla montmorillonita. La capacidad catiónica es alta, predominando los cationes de calcio, magnesio y sodio. Estos suelos son sialíticos por sus relaciones moleculares. En muchos casos el MgO prevalece sobre el CaO.

Tipo Vertisol Pélico.

Vertisol que tiene color en húmedo con chroma y value menor de 2.

Subtipos:

Típico: Con horizonte vértico desde la superficie.

Mullido: Con horizonte mullido en superficie.

Gléyico: Con propiedades gléyicas entre 50 y 80cm de profundidad.

Gléyico en profundidad: Con propiedades gléyicas entre 80 y 150cm de profundidad

Cálcico: Con horizonte cálcico.

Géneros:

Carbonatado: Con carbonatos en los primeros 20cm del perfil.

Medianamente lavado: Con carbonatos entre 20 y 50cm de profundidad.

Lavado: Con carbonatos por debajo de 50cm de profundidad.

Sin carbonatos: Sin carbonatos hasta 1m de profundidad, desde la superficie.

Salinizado: Con características salinas.

Sódico: Con características sódicas.

Breve descripción: Profundo, imperfectamente drenado, pardo muy oscuro, arcilloso, estructura angular prismática, muy adherente y plástico, con presencia de caras de deslizamiento, moderadamente poroso y grietas desde la superficie.

Principales limitaciones:

- Drenaje deficiente.
- Alta plasticidad.
- Difícil laboreo (estrecho margen de humedad óptima)
- Hidromorfía que provoca procesos reductores que solubilizan compuestos tóxicos.
- Desbalance nutricional provocado por exceso del Mg en el complejo de absorción.
- Pueden desarrollar un microrelieve que dificulta la mecanización.

4.3.5. Agrupamiento de suelos Fersialíticos.

Suelos que se forman bajo el proceso de fersialitización caracterizado por la presencia de minerales arcillosos de tipo 2:1 y 1:1 con predominio de los primeros y un contenido de Fe_2O_3 libre en la fracción fina mayor de 3%. Perfil ABC con colores rojos o amarillentos en el perfil o en algunos de los horizontes (Hor. fersialítico), con relación Fe_i/Fe_t de 40-60%. Se forman a partir de materiales redepositados, o del eluvio de areniscas silíceas, calizas duras ó serpentinas. El contenido de materia orgánica es de 3.0-5.0% con disminución gradual; la capacidad catiónica cambiante es de 20-40 meq./100 g predominando el calcio y el magnesio, el pH es de 6-8.0.

Tipo Fersialítico pardo rojizo.

Color 5YR con value y chroma igual o mayor que 2.

Subtipos:

Mullido: Con horizonte A mullido

Ocrico: Con horizonte A ócrico.

Lixiviado: Con horizonte B argílico.

Géneros:

Eútrico: Con más de 50% de saturación por bases hasta 1m de profundidad.

Dístrico: Cuando tiene menos del 50% de saturación por bases, en alguna parte del perfil, hasta 1m de profundidad, desde la superficie.

Ferromagnésico: Hierro total en arcilla alrededor de 30%, capacidad de intercambio catiónico dominada por el magnesio.

Con Carbonatos: Cuando tiene carbonato.

Lítico: Con contacto lítico.

Paralítico: Con contacto paralítico.

Breve descripción de campo: Suelos de color pardo rojizo, generalmente poco profundos, bien drenados, arcillosos, plásticos a ligeramente plásticos, estructura generalmente en bloques sub(angulares), porosos, que esfervecen generalmente al ácido clorhídrico.

Principales limitaciones:

- En ocasiones presentan poca profundidad efectiva.
- Desbalance nutricional provocado por exceso del Ca o Mg en el complejo de absorción.
- Compactación.
- Peligro potencial a la erosión en las zonas de mayor pendiente.
- Afectaciones por pedregosidad y graviliosidad.

4.3.6. Mapa Digital de Suelos

Se confeccionó el mapa digital de suelos de la subcuenca Ranchuelo con información sobre los tipos de suelos, acorde a Nueva Versión de CGSC (Hernández y col., 1999) y sus características físicas y químicas.

La figura 10 muestra la distribución geográfica de los suelos pertenecientes a la subcuenca hidrográfica de Ranchuelo, donde predominan los suelos Húmicos y Pardos Sialíticos considerados de buena fertilidad química.

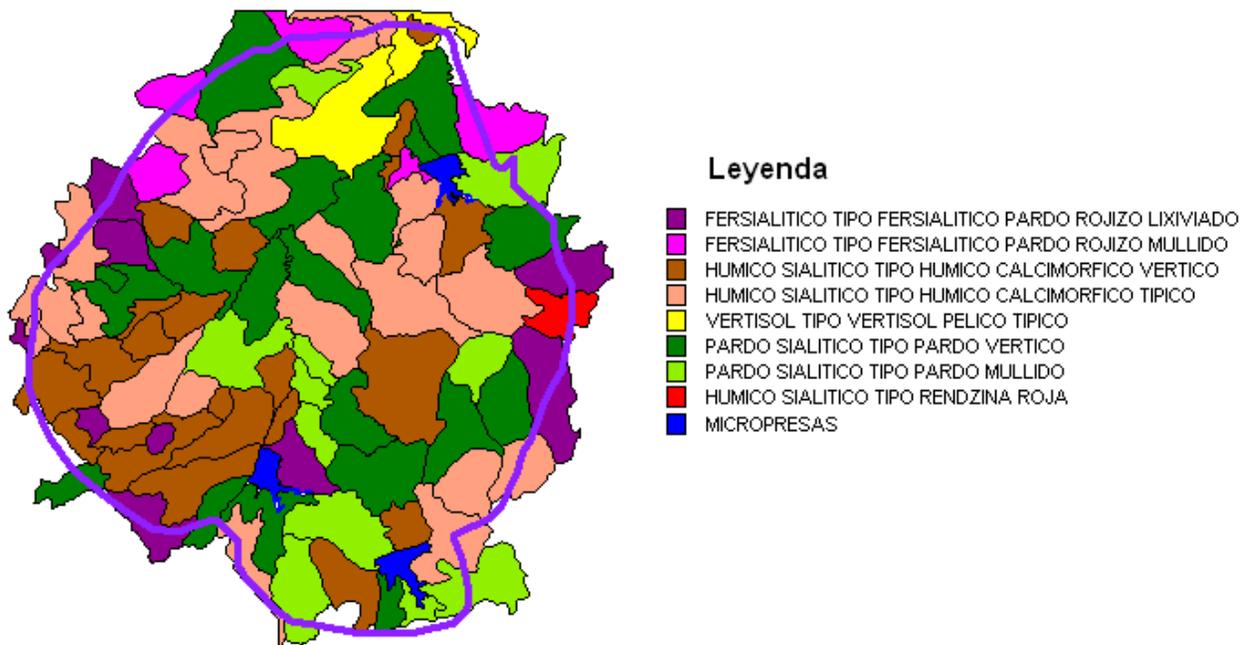


Figura 10. Mapa de suelos de la subcuenca Ranchuelo, perteneciente a la cuenca hidrográfica del río “Sagua la Grande”.

4.3.7. Confección del modelo 3D

El modelo digital de elevación confeccionado a partir de la digitalización de las curvas de nivel mediante el SIG MAPINFO, permitió corregir los límites o parte agua de la subcuenca (Figura 11), además ofrece la posibilidad de aplicar modelos de simulación para el cálculo de otros indicadores ambientales como la erosión.

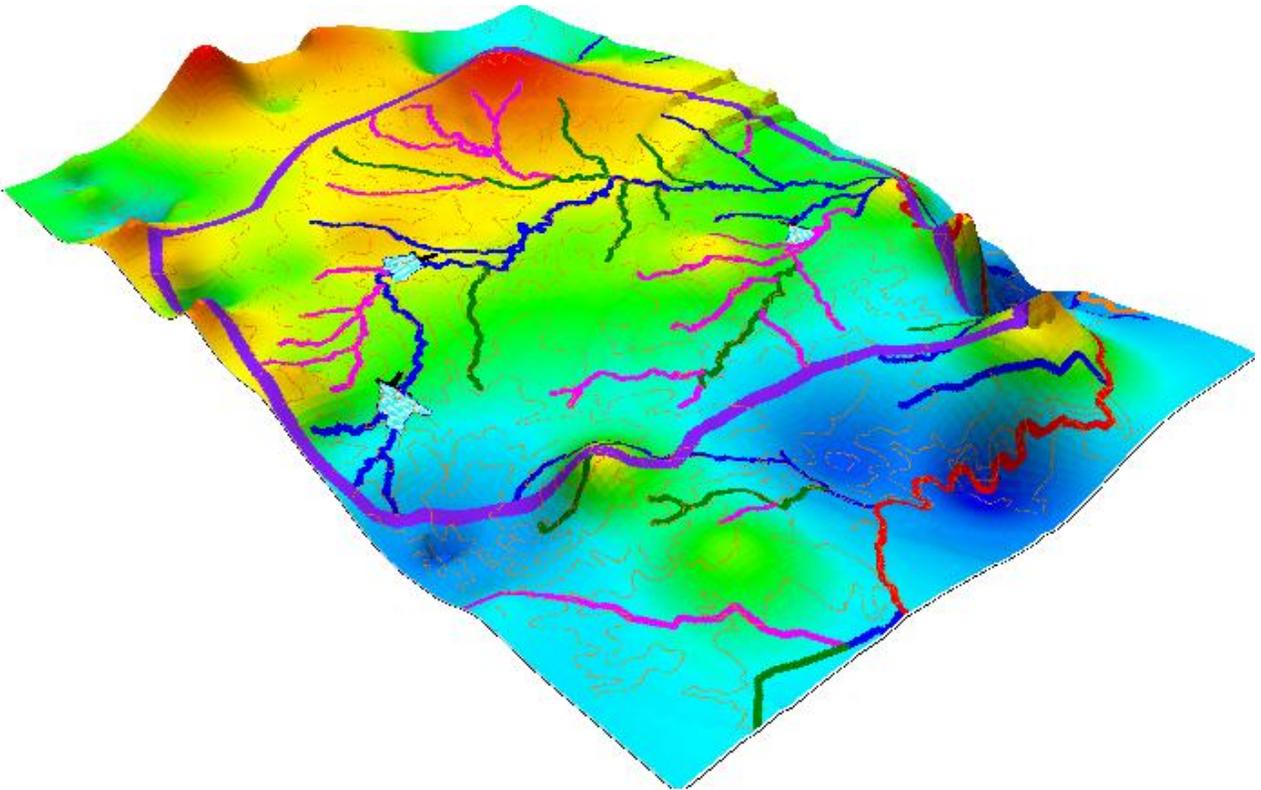


Figura 11. Modelo digital de elevación de la subcuenca Ranchuelo.

4.3.8. Rendimiento potencial de los suelos de la subcuenca según AGRO 24 y evaluación agroproductiva acorde al software CERES.

La tabla XI ofrece los rendimientos mínimos potenciales de los principales tipos de suelos de la subcuenca Ranchuelo según el sistema automatizado AGRO 24, tomando como referencia el cultivo de la caña de azúcar (caña planta de 12 meses de edad) y la evaluación agroproductiva de los suelos acorde al software CERES (Dueñas, 2007). Los resultados confirman que son suelos de buena productividad y aptos para casi la totalidad de los cultivos agrícolas.

Tabla XI. Rendimientos potenciales de los suelos predominantes de la subcuenca Ranchuelo (cultivo de referencia caña de azúcar).

Utilizando CERES v 1.03b y AGRO 24.

Subtipo de Suelo	Área (ha)	Puntuación CERES	Grado CERES	Rend. Potenc. AGRO 24 (t/ha)
Fersialítico pardo rojizo lixiviado	662,3	57.68	3	47.97
Fersialítico pardo rojizo típico	410,03	58.64	3	56.27
Húmico carbonático plastogénico	1665,14	56.64	3	53.22
Húmico carbonático típico	2120,03	58.64	3	54.15
Oscuro plástico no gleyzado Pardo oscuro	260,7	59.60	3	48.39
Oscuro plástico gleysoso gris amar.	87,08	51.14	3	42.88
Pardo con carbonato plastogénico	2165,14	57.68	3	63.56
Pardo con carbonato típico	959,99	65.64	2	78.05

4.3.9. Principales Factores edáficos que limitan el desarrollo de los cultivos

Los principales factores edáficos que limitan el desarrollo de los cultivos son la poca a muy poca profundidad efectiva del suelo, la cual afecta al 76,19 % del área. El drenaje es bueno de forma general; pero en el caso de los Vertisoles existen áreas imperfectamente drenadas (4,12%) que pueden restringir los cultivos y necesitan de una agrotecnia dirigida a su mejoramiento.

Desde el punto de vista nutritivo el factor de mayor limitación, es el pobre abastecimiento de potasio y el bajo contenido de fósforo asimilable del suelo.

Un factor importante a tener en cuenta es la pendiente ondulada en el 28,83% de la superficie, por su relación con la mecanización y las posibilidades de favorecer los procesos erosivos y originar un empobrecimiento acelerado de los suelos si no se aplican labores agrotécnicas adecuadas como siembra en contorno, laboreo mínimo, uso de abonos verdes y orgánicos, creación de barreras, entre otras.

Otros factores que en algún momento pueden producir limitaciones son: la consistencia compacta a ligeramente compacta y la presencia de alguna pedregosidad y concrecionamiento.

Factor limitativo	Efecto	Consecuencia	Posibles soluciones
Profundidad efectiva	Disminución del volumen de suelo a explorar por las raíces, atrofia del sistema radical.	Limitación de la capacidad de absorción de nutrientes y agua.	Destinarlos a cultivos con menor sistema radicular, aplicar métodos conservacionistas de suelo.
Pendiente	Erosión, empobrecimiento de los suelos, disminución de la capacidad de retención de humedad.	Deficiencias nutricionales, disminución de la capa vegetal	Siembras en contornos, correcta orientación de los surcos, obras ingenieras.
Drenaje	Exceso de humedad, falta de oxígeno en el suelo, procesos reductores, toxicidad por hierro y manganeso.	Muerte de las raíces y las plantas, pérdidas de nitrógeno, dificultades en la asimilación de p y otros elementos.	Drenaje ingeniero o parcelario, superficial y sub - superficial según convenga. Aplicación de abonos orgánicos.

4.4. Aptitud de la tierra para los diferentes cultivos en la subcuenca Ranchuelo.

Mediante el empleo del sistema AGRO 24 se determinó la aptitud de los suelos para los cultivos más importantes en la región para condiciones de riego y sequía (Tabla XII, XIII, XIV).

Tabla XII. Resumen de la evaluación de tierras por categorías para los diferentes cultivos en la superficie de la subcuenca Ranchuelo.

Categorías	Caña (ha)	Fríjol (ha)	Boniato (ha)	Plátano Vianda (ha)	Yuca (ha)	Maíz (ha)
A ₁	3663,46	2499,38	3532,86	576,67	2017,35	1371,62
A ₂	1051,22	2611,97	2953,78	2475,33	2557,84	1913,14
A ₃	3267,95	3219,06	1495,99	3468,27	3169,01	4697,87
N	347,78	-	347,78	1810,14	586,21	347,78

A1- Sumamente aptas

A3- Marginalmente aptas

A2- Moderadamente aptas

N- No aptas

Tabla XIII. Rendimiento potencial para cultivos de interés estratégico en condiciones de secano (Subcuenca Ranchuelo).

Categoría	Frijol	Boniato	Plátano Vianda	Yuca	Maíz
A₁		15,72	-	-	2,90
A₂	1,53	12,68	11,64	17,77	1,53
A₃	1,00	8,54	8,13	12,02	1,52
N	0,78	4,01	4,34	6,70	0,96
Media	1,14	10,10	6,44	12,04	1.52

Tabla XIV. Rendimiento potencial para cultivos de interés estratégico en condiciones de riego (Subcuenca Ranchuelo).

Categoría	Frijol	Boniato	Plátano Vianda	Yuca	Maíz
A₁	2,15	18,11	16,73	24,79	3,39
A₂	1,53	12,73	12,32	18,08	2,43
A₃	1,21	9,76	7,60	12,97	1,76
N	-	3,43	4,63	4,43	0,10
Media	1,59	14,09	8,99	16,80	2,12

Al comparar los rendimientos potenciales de los cultivos calculados con el sistema AGRO 24 para diferentes condiciones de régimen hídrico (secano y riego), se puede constatar la necesidad de que las producciones en la región deben realizarse bajo riego, en aras de incrementar los rendimientos y disminuir los costos.

Dada la relativa baja disponibilidad de agua en la región para uso humano y agrícola y el relieve ligeramente ondulado a ondulado, se recomienda:

- ❖ el empleo de técnicas de riego más eficientes como es el riego localizado.
- ❖ incrementar al máximo las obras de captación de agua superficial y de lluvia.
- ❖ aplicación de técnicas agrícolas que incrementen la retención del agua en el suelo y minimicen la evaporación directa principalmente en zonas alejadas de las principales fuentes de abastos (cobertura, acolchado, laboreo mínimo).
- ❖ uso de cultivos que toleren la falta de agua como la yuca y el garbanzo.
- ❖ Capacitación y desarrollo de proyectos que permitan a la población adquirir más conocimientos en estas temáticas.

4.4.1. Análisis de la producción potencial de las tierras para el cultivo de la caña de azúcar

Tabla XV. Resumen de la evaluación de tierras para caña de azúcar (AGRO 24).

Categorías	Superficie Agrícola (ha)	Rendimiento Potencial AGRO 24 (t/ha)
A ₁	3663.46	79,75
A ₂	1051,22	50,90
A ₃	3267.95	38,67
N	347,78	20,0
Total/ Media	8330,41	57,54

La tabla XV muestra el resumen de la evaluación de tierras para el cultivo de la caña de azúcar. Estos rendimientos potenciales de las tierras han sido validados por los rendimientos alcanzados en algunas áreas de las UBPC de la empresa azucarera Ifraín Alfonso en la zafra recién concluida (2007 – 2008) y por los rendimientos obtenidos en parcelas testigos (sin fertilización) en áreas experimentales de la Estación Territorial de Investigaciones de la Caña de Azúcar (PIMA, 2008).

Al calcular la producción potencial de las tierras de la subcuenca para el cultivo de la caña de azúcar, sobre la base del rendimiento potencial de cada polígono de suelo, según el sistema AGRO 24 y multiplicar este valor por la superficie que ocupa, arribamos al resultado de que la producción potencial de las tierras en la región es de 479328,3 t de caña de azúcar, si tenemos en cuenta que este cultivo ocupa aproximadamente un 77% del área, entonces la producción sería 369082,8 t de caña de azúcar, muy superior a la que actualmente obtiene la empresa Ifraín Alfonso (214 827 t). Un análisis similar puede ser llevado a cabo para el resto de los cultivos que se desarrollan en el territorio, lo que pone de manifiesto una deficiente explotación de las tierras.

4.4.2. Mapas de aptitud de las tierras para cultivos de importancia en el territorio.

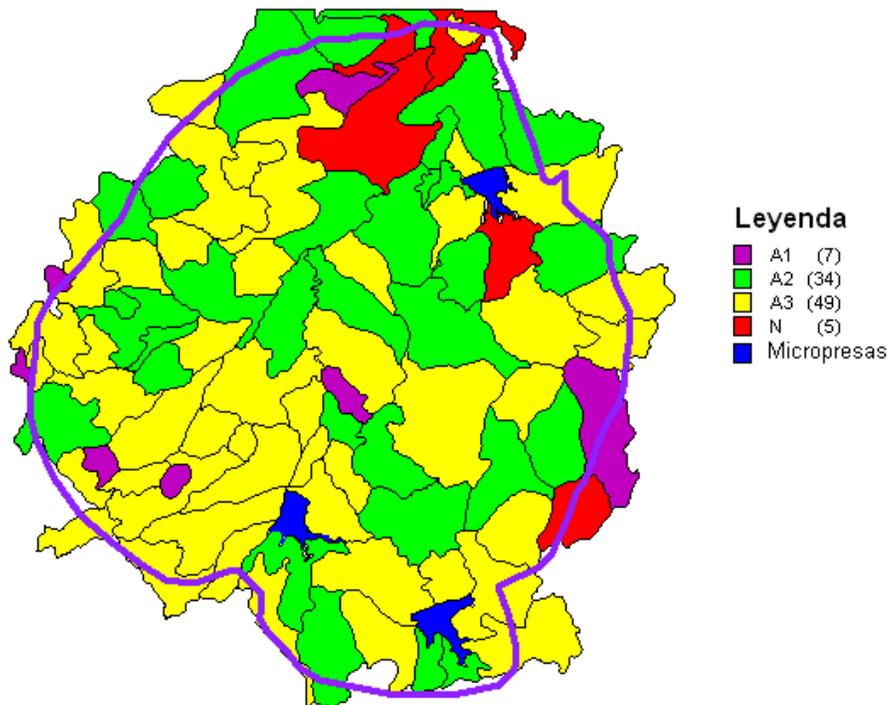


Figura 12. Mapa de aptitud de las tierras de la subcuenca Ranchuelo para el cultivo del boniato en condiciones de secano.

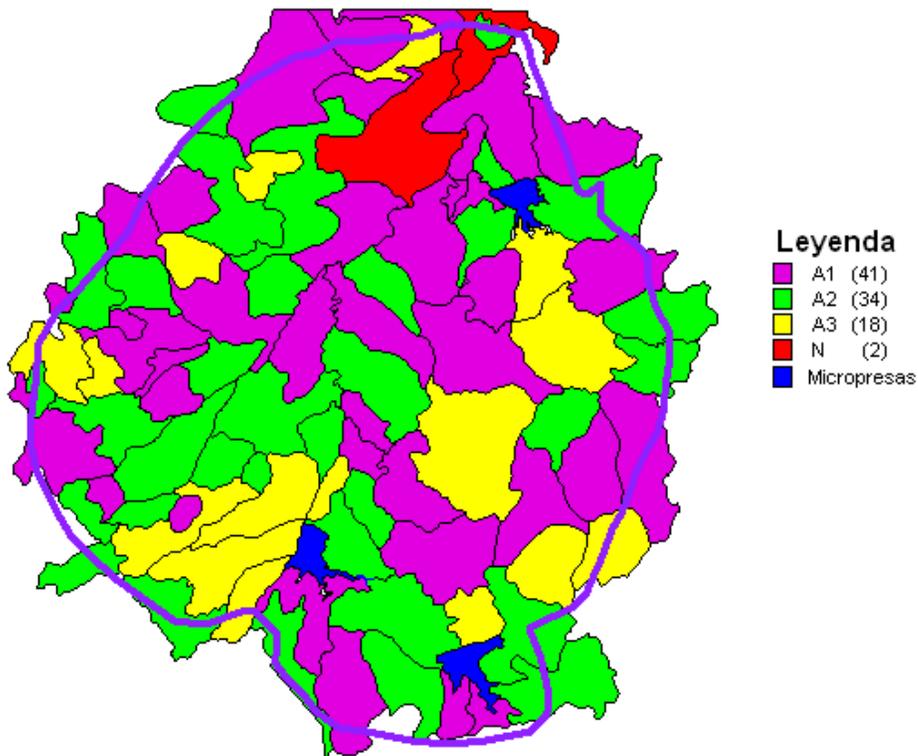


Figura 13. Mapa de aptitud de las tierras de la subcuenca Ranchuelo para el cultivo del boniato en condiciones de riego.

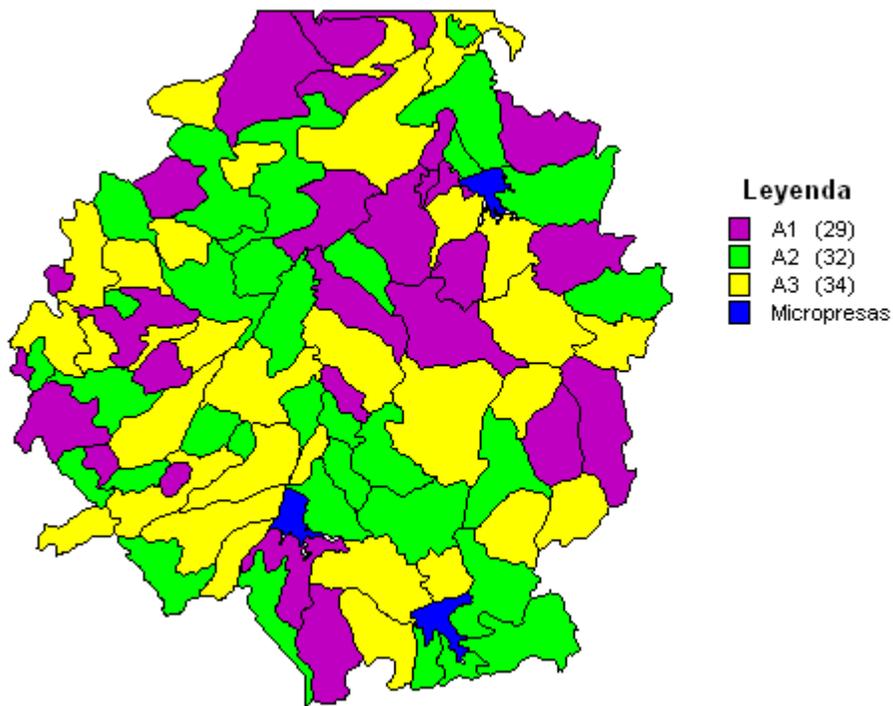


Figura 14. Mapa de aptitud de las tierras de la subcuenca Ranchuelo para el cultivo del frijol con riego.

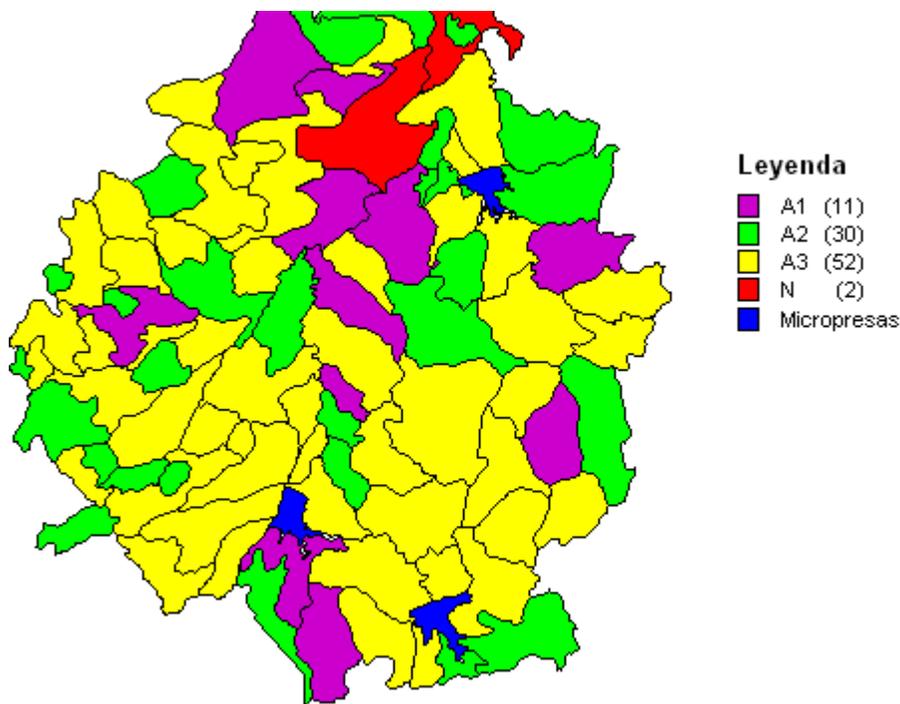


Figura 15. Mapa de aptitud de las tierras de la subcuenca Ranchuelo para el cultivo del maíz con riego.

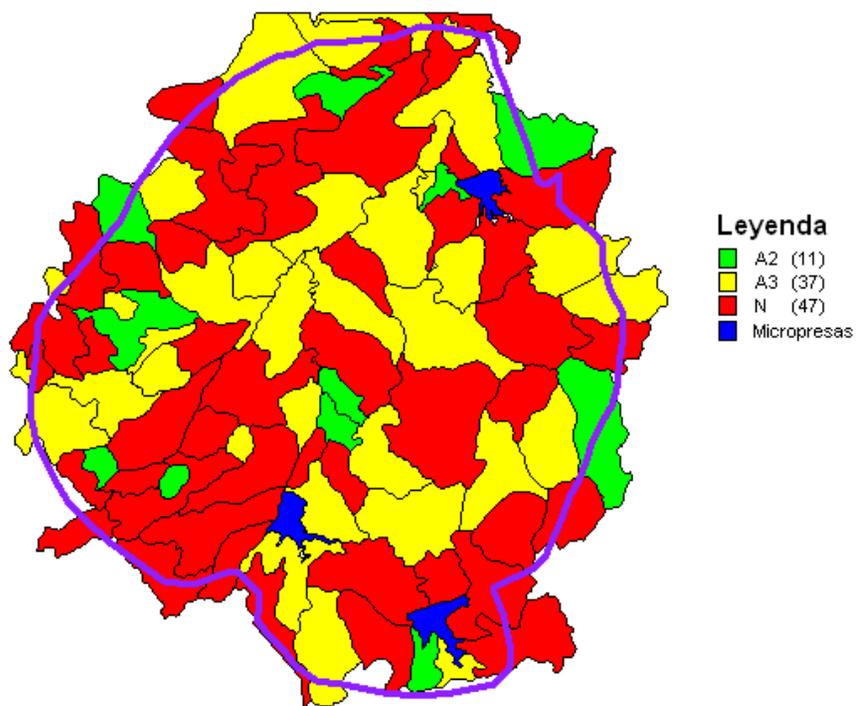


Figura16. Mapa de aptitud de las tierras de la subcuenca Ranchuelo para el cultivo del plátano vianda en condiciones de secano.

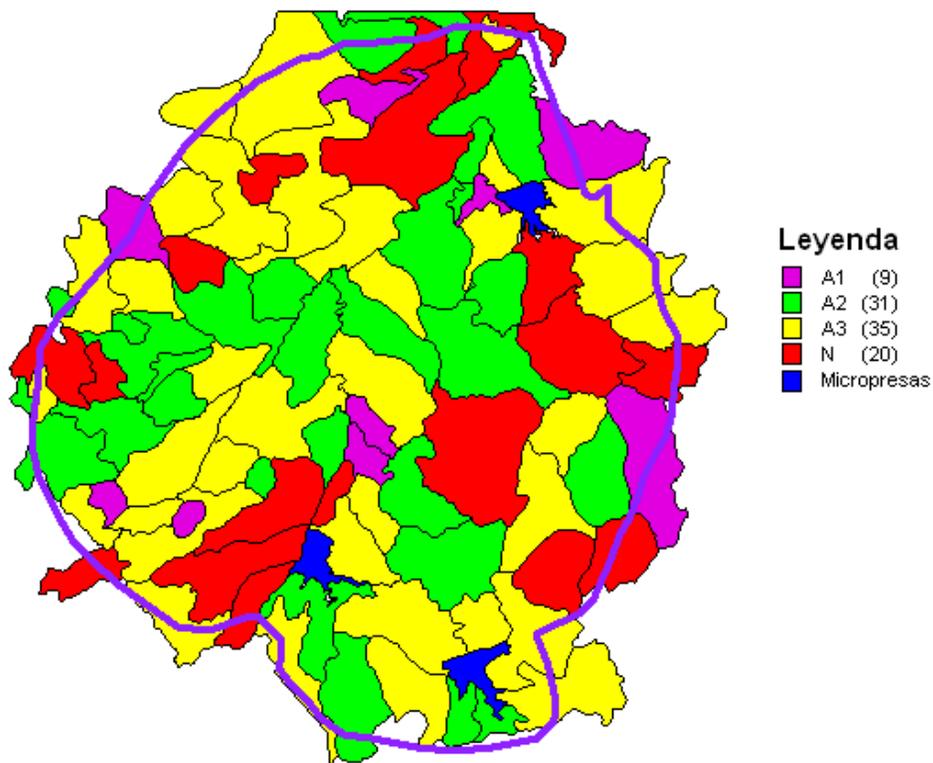


Figura17. Mapa de aptitud de las tierras de la subcuenca Ranchuelo para el cultivo del plátano vianda con riego.

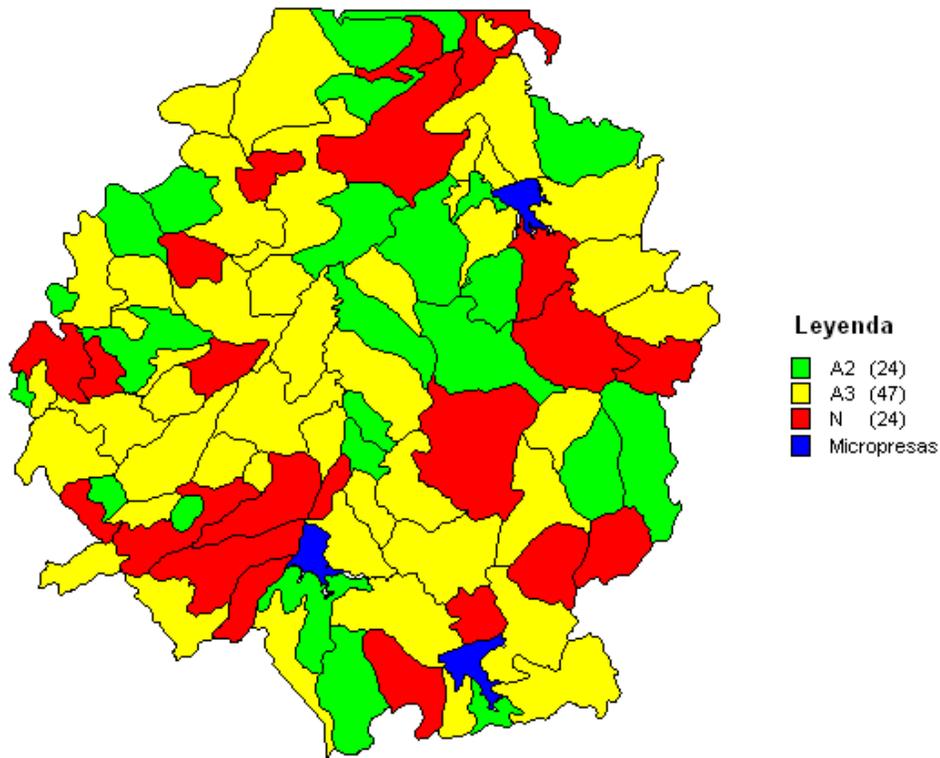


Figura18. Mapa de aptitud de las tierras de la subcuenca Ranchuelo para el cultivo de la yuca bajo condiciones de secano.

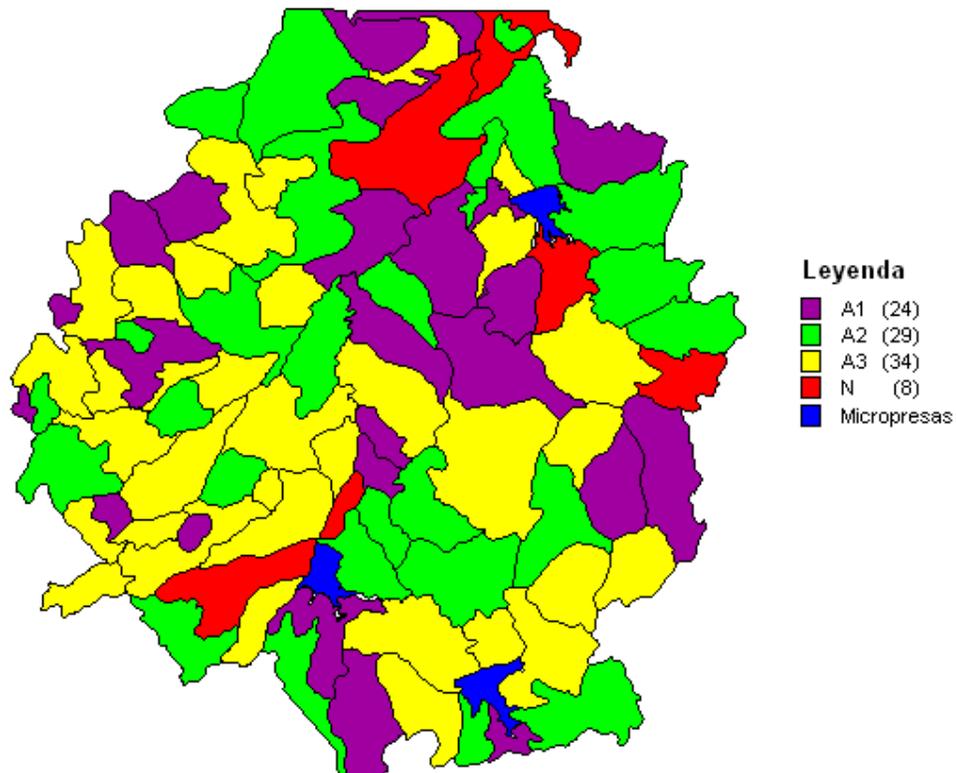


Figura19. Mapa de aptitud de las tierras de la subcuenca Ranchuelo para el cultivo de la yuca con riego.

4.5. Estimación de la Reserva de Carbono Orgánico del Suelo (RCOS)

Al calcular RCOS por el método de la estimación puntual mediante la información de perfiles de suelo se constató que la misma en el primer horizonte (30 cm.) de los suelos de la subcuenca oscila entre 1,78 y 8,30 Kg.m⁻², para un valor promedio de 4,14 Kg.m⁻². Estos resultados concuerdan con los reportados por Ponce de León para este tipo de suelos, en el estudio del cálculo de la reserva del carbono orgánico de los suelos minerales de Cuba (Ponce de León, 2003).

Se determinó que la RCOS para el horizonte superficial de los suelos de la subcuenca es de 354 330 t de Carbono.

4.5.1. Mapa de la RCOS en la subcuenca Ranchuelo

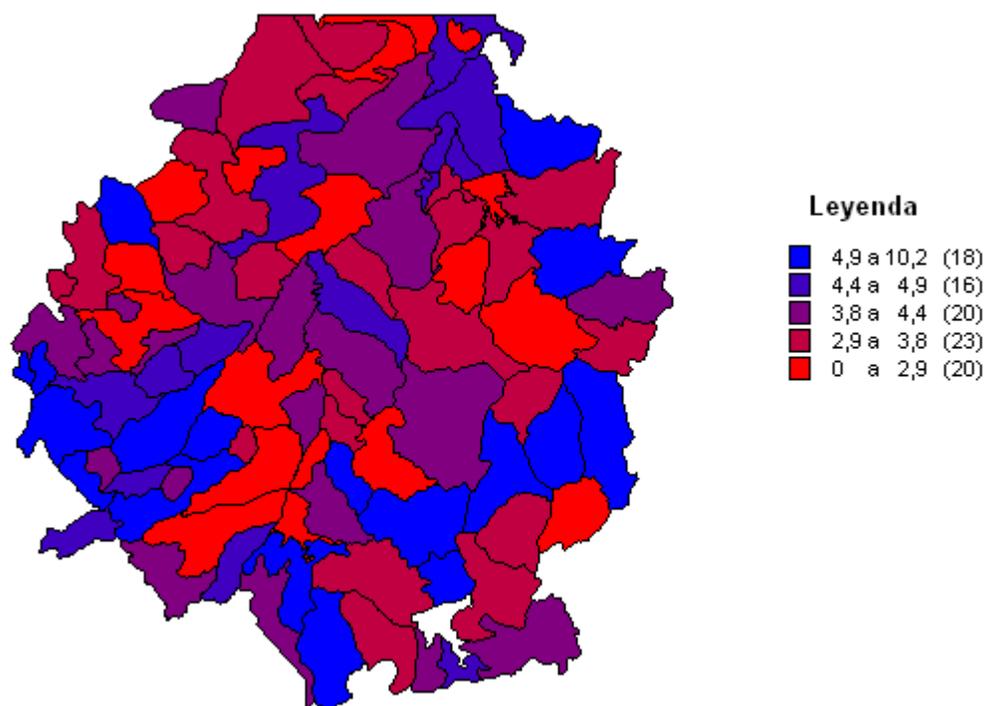


Figura 20 . Reserva del carbono orgánico del suelo en la subcuenca Ranchuelo (RCOS - Kg. m⁻²)

4.6. Evaluación de la sostenibilidad del agroecosistema (Modificado de Altieri y Nicols, 2002).

La figura 21 muestra la evaluación de la sostenibilidad del agroecosistema sobre la base de 8 indicadores de la calidad del suelo (topografía, compactación e infiltración, retención de humedad, color y materia orgánica, cobertura del suelo, estado de los residuos, actividad biológica y la erosión). Esta evaluación permite identificar las

unidades de tierra que presentan problemas con la sostenibilidad en el territorio, así como los indicadores ó cualidades más afectadas, las cuales deben tener un manejo diferenciado.

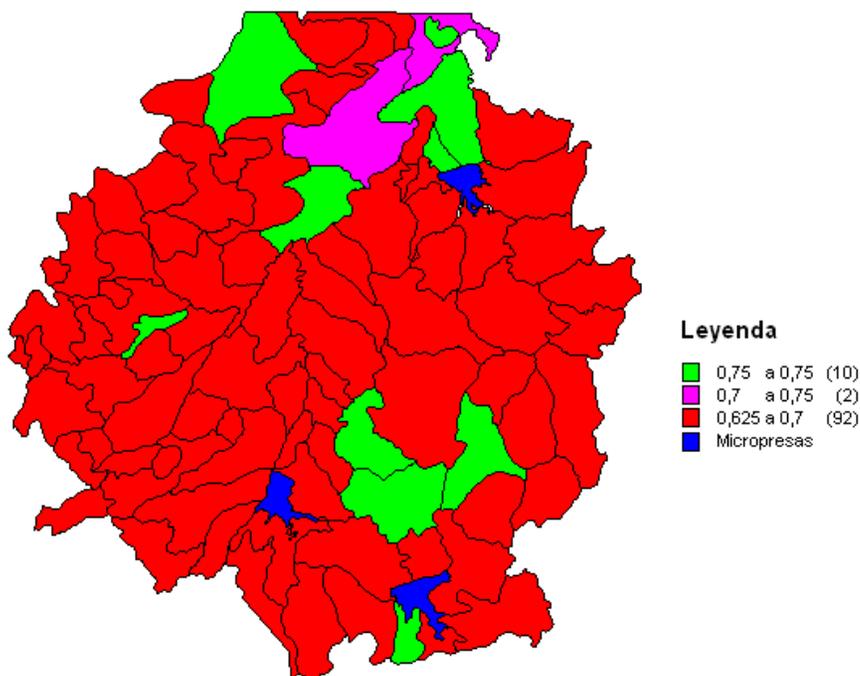


Figura 21. Mapa de evaluación de la sostenibilidad del agroecosistema (Subcuenca Ranchuelo).

4.7. Caracterización Sociocultural.

El municipio de Ranchuelo se encuentra ubicado al sudoeste de la provincia de Villa Clara, limitado por el norte por los municipios de Cifuentes y Santo Domingo, al sur y al oeste por la provincia de Cienfuegos y al este por los municipios de Santa Clara y Manicaragua. Posee una superficie de 554 km² y una población de 59 404 habitantes lo que representa una densidad poblacional de 107,22 habitantes por Km². Por su tamaño poblacional ocupa el 5to lugar a nivel provincial.

La base económica fundamental del municipio es la agricultura donde la agroindustria azucarera tiene un papel determinante representada por la Empresa Azucarera Ifraín Alfonso, con resultados destacados a nivel Provincial y Nacional. Como resultado del reordenamiento del MINAZ "Tarea Álvaro Reynoso" se conformó en el municipio la Empresa Agropecuaria Osvaldo Herrera, cuyo objeto social es la producción de alimentos.

La actividad industrial está conformada por 7 industrias de subordinación nacional y 37 de subordinación local. Entre las más importantes tenemos: la fábrica de Cigarros, la fábrica de Tabaco Torcido, la fábrica de Calzado y la planta de Zeolita.

Servicios primarios:

Sector de la salud.

Posee 110 médicos de la familia, 42 centros de asistencia hospitalaria y ambulatoria, 14 instalaciones de venta de medicamentos, 14 instalaciones de asistencia social.

Comercio.

El municipio cuenta con 231 instalaciones de comercio de las cuales: 30 son de productos industriales, 143 de productos alimenticios, 47 de alimentación pública, 4 de atm y comercio interior mayorista.

Educación.

Poseen 4 círculos infantiles, 1 escuela especial, 4 escuelas primarias urbanas, 49 escuelas primarias rurales, 3 facultad obrero – campesino, 1 escuela de oficio, 5 secundarias básicas y 1 preuniversitario.

El territorio está conformado por 5 consejos populares, 2 urbanos y 3 rurales (Tabla XVI). La composición de la población en relación al sexo es de un 50.02% de hombres y un 49.98% de mujeres.

Tabla XVI. Análisis Poblacional de los Consejos que pertenecen a la subcuenca Ranchuelo.

Consejos Populares	Extensión (Km²)	Habitantes	Circuns.
Urbanos	33.2	17701	26
- Ranchuelo Centro	13.2	8316	12
- Ranchuelo Jagua	20.0	9385	14
Rurales	122.07	8332	27
Ífraín Alfonso	47.05	2351	8
10 de Octubre	44.02	2344	7
Horqueta – Delicia	31.0	3637	12
Total	155.27	26033	53

4.7.1. Breve descripción de los Consejos Populares enmarcados en el área geográfica de la subcuenca Ranchuelo.

Consejo Popular Ranchuelo Centro

En este consejo se localizan los centros estudiantiles, culturales y comerciales más importantes del territorio. Tiene dos asentamientos fundamentales, el poblado de Ranchuelo y la comunidad La Campa, limita por el norte con el C.P. Ranchuelo Jagua, por el sur con el C.P. San Juan, al este con el C.P. 10 de Octubre y al oeste con el C.P. Ranchuelo Jagua. Su densidad de habitantes es de 630 habitantes por Km², consta de 12 circunscripciones. Posee solamente 1 forma productiva la CCS “Mártires de Girón”.

Consejo Popular Ranchuelo Jagua

Se encuentra ubicado en la parte este del poblado de Ranchuelo, limitando por el norte con el C.P. 10 de Octubre, por el sur con el C.P. Ifraín Alfonso, por el este con el C.P. Horqueta – Delicia y por el oeste con el C.P. Ranchuelo Centro. Su densidad de habitantes es de 469,25 habitantes por Km², consta de 15 zonas y 119 CDR. Posee solamente 1 forma productiva la CCS “Osvaldo Arniella”.

Consejo Popular Ifraín Alfonso

Se encuentra ubicado en una zona totalmente rural, sus áreas en su mayoría sembradas de caña de azúcar perteneciente a la Empresa Azucarera Ifraín Alfonso, del cual toma su nombre. Limita por el norte con el C.P. Horqueta – Delicia, al sur con el municipio de Cruces, al oeste con el C.P. Carlos Caraballo y al este con el Consejo Popular Ranchuelo Centro. Su densidad de población es de 47.97 habitantes por Km², cuenta con 8 circunscripciones y 28 CDR. Comprende 5 formas productivas: la granja Ifraín Alfonso, la UBPC “Alberto Villafaña”, las CCS Paquito Rosales, Eduardo R. Chivás y Teobaldo Núñez.

Consejo Popular 10 de Octubre

Este Consejo Popular esta situado en las áreas del CAI 10 de Octubre con una extensión territorial de 44.02 km², limitando por el norte con el C.P. Esperanza, al sur con el C.P. San Juan, al oeste con el C.P. Ranchuelo Centro y al este con la Autopista Nacional a Santa Clara. Cuenta con 7 circunscripciones y 36 CDR. Su densidad de población es de 53,29 habitantes por Km². Comprende 5 formas productivas: la granja 10 de Octubre, la UBPC Carlos M. de Céspedes y las CCS “Mártires de Ranchuelo”, Frank País e Ifraín Alfonso.

Consejo Popular Horqueta – Delicia

Agrupación de las zonas rurales Horqueta y Delicias, limita al norte con el C. P. de Jicotea, al sur con el C. P. de Ifraín Alfonso, al este con el C. P. Esperanza y al oeste con el C.P. Ranchuelo Jagua. Su densidad de población es de 117 habitantes por Km². Posee 7 formas productivas: las UBPC Tarapacá, Teobaldo Núñez y Víctor Abelló y las CCS Víctor Abelló, Julio Mirabal, Flores Colina y Alberto Villafañá.

4.7.2. Principales problemas socio-económicos y ambientales.

Problemas de viviendas. Hay un alto % en mal estado, existiendo necesidad de techos, pisos y cemento para fosas en derrumbe.

Problemas con el abasto y calidad del agua.

Ineficiente producción de viandas, hortalizas, granos y vegetales.

Dificultades con el transporte y viales en mal estado.

Necesidad de incrementar las actividades recreativas para los niños, jóvenes y adultos.

Pocas fuentes de empleo, principalmente para las mujeres.

Proliferación de microvertederos.

Necesidad de fomentar una cultura ambiental.

4.8. Evaluación Económica

INDICADORES	Unidad	Caña de azúcar	Yuca	Frijol	Maíz	Boniato
Rendimiento Agrícola Medio en Condiciones de Producción	Ton/ha	40.0	8.57	0.69	1.51	8.57
Costo de Producción	\$/ha	923,43	2380,20	1428,09	1149,99	2714,77
Precio de Venta (Acopio)	\$/ton	50,90	1,84	20,70	7,87	1,84
Valor de la Producción	\$/ha	2290.5	7452,47	6750,27	5613,49	7452,47
Relación Beneficio/Costo en Condiciones de Producción		2,48	3,13	4,73	4,88	2,75
Relación Beneficio/Costo Utilizando Rendimientos del Agro 24		3,17	6,49	10,48	6,65	3,24

El análisis económico realizado se refiere a una cosecha de cada cultivo, por lo que en el caso de los cultivos de ciclo corto se pueden multiplicar las ganancias por 2 o 2.5 cosechas en el año.

La evaluación se realizó teniendo en cuenta los rendimientos de los cultivos para condiciones medias de producción comercial y de acuerdo a los rendimientos potenciales de los cultivos obtenidos con el sistema AGRO 24. Como se puede apreciar en ambos casos y para todos los cultivos la relación beneficio/costo es superior a 1 lo que demuestra la factibilidad de producir estos renglones en las tierras de la subcuenca. Los mayores beneficios económicos se alcanzan para los cultivos de frijol y maíz.

Estrategia ambiental para solucionar o mitigar los principales problemas ambientales de la subcuenca.

1. Recursos hídricos

La disponibilidad y el adecuado uso de los recursos hídricos del país, es un asunto de interés nacional que abarca toda la economía y la sociedad.

Objetivo específico:

Incrementar la eficiencia, uso y rehúso de los recursos hídricos en las producciones agrícolas e industriales.

Metas	Acciones:
Reducir y mantener el índice de consumo de agua inferior a 0.20 m ³ /t de caña molida en el ingenio Ifraín Alfonso y monitorear las reservas de agua en el resto de las empresas del territorio.	<ul style="list-style-type: none">• Establecer en la empresa azucarera Ifraín Alfonso el Proyecto de Producciones más limpias (PML).• Introducir los equipos tecnológicos que contribuyan al aprovechamiento óptimo del agua vegetal• Desagregación en la empresa azucarera Ifraín Alfonso de los residuos de las limpiezas.• Introducción de los magnetizadores en los equipos de evaporación.• Evaluar, cuantificar y monitorear las reservas de agua existentes en las empresas del territorio.
Rehúso de más del 80 % del residual líquido de la industria azucarera en el fertirriego.	<ul style="list-style-type: none">• Implementar la metodología de utilización de los residuales líquidos en el fertirriego según la Norma Cubana establecida para el efecto.• Implementar en la empresa azucarera el proyecto de fertirriego.• Realizar anualmente el mantenimiento y rehabilitación de las obras de residuales (lagunas, canales, zanjias, conductoras, obras de fábrica, etc.)
Uso eficiente del agua de riego	<ul style="list-style-type: none">• Implementación del Servicio de riego y drenaje del INICA en áreas bajo riego.• Optimizar o sustituir sistemas de riego no eficientes empleados en la agricultura previa evaluación de su impacto ambiental.• Controlar la cantidad y calidad del agua utilizada para el riego y el estado de las fuentes de abasto.• Evaluar sistemáticamente el impacto ambiental y económico de los sistemas de riego empelado.

2. La degradación de los suelos

Objetivos específicos:

- Detener y disminuir el efecto de los procesos de degradación de los suelos, y comenzar su recuperación paulatina.
- Aplicar el sistema de monitoreo sobre los suelos.
- Lograr una utilización más efectiva de los suelos

Metas	Acciones
Aplicar tecnologías y sistemas de manejo dirigidos a la sostenibilidad agraria.	<ul style="list-style-type: none">• Aplicar las medidas del Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de Suelos.• Implementar el Servicio de Conservación y Mejoramiento de Suelos del INICA• Aplicar tecnologías y sistemas apropiados que propendan a la sostenibilidad agraria y a la introducción paulatina de la agricultura de conservación.• Desarrollar unidades o sistemas de producción basados en un manejo integral de los recursos, visto como un sistema que integre las producciones agrícolas, forestales y pecuarias.
Lograr que el 100 % de las áreas de producción agrícola, se mantengan bajo esquemas de manejo integrado de plagas y enfermedades.	<ul style="list-style-type: none">• Consolidar el manejo integrado de plagas con medios biológicos y productos naturales alternativos.• Disminuir el uso de plaguicidas químicos.• Aplicar una adecuada política varietal para la obtención de variedades resistentes al stress biótico y abiótico y de semillas de calidad, utilizando los resultados biotecnológicos.
Reutilizar en más de un 60 % los residuales sólidos provenientes de la agroindustria azucarera.	<ul style="list-style-type: none">• Incrementar la reutilización de los residuales líquidos y sólidos en la agricultura cañera y no cañera; como fertilizantes y mejoradores del suelo; previa caracterización de los mismos y con las recomendaciones específicas para el uso en los diferentes cultivos.• Eliminar la incorporación de residuales sólidos y líquidos como contaminantes de suelos y aguas.• Construir, mantener y/o rehabilitar los sistemas de tratamiento de residuales.

<p>Detener el incremento de la superficie que se encuentra afectada por factores que pueden conducir a los procesos de desertificación.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar el Proyecto de ordenamiento territorial en las unidades de producción agrícola utilizando los SIG. • Aplicar el Sistema de Monitoreo sobre los suelos. • Realizar una evaluación bianual sobre la efectividad del Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación de Suelos • Aplicar de forma generalizada el subsolado profundo, la nivelación simple, el laboreo mínimo, y otras medidas agrotécnicas que tiendan a la recuperación de los suelos afectados. • Aplicar cambios en los modelos de labranza y cultivo y en el ordenamiento de los suelos por su fertilidad, agroproductividad y la disponibilidad de agua. • Reducir el uso de los fertilizantes inorgánicos y aplicar el adecuado balance de la fertilización inorgánica/orgánica en la cantidad y la calidad necesarias. Aplicación y uso del fertirriego de las aguas residuales previamente acondicionadas. • Aplicar la rotación e intercalación de cultivos.
<p>Optimizar las labores agrícolas, evitando la compactación y las afectaciones a las propiedades físicas de los suelos producidas por las maquinarias agrícolas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Implementar en las unidades del territorio el Servicio de Recomendaciones de Fertilizantes y Emmiendas, en su enfoque de disminución de fertilizantes inorgánicos y la aplicación de las enmiendas orgánicas • Implementación del Servicio de Labranza del INICA. • Realizar un adecuado balance de las maquinarias pesada y ligera que se introduce en los campos. • Incrementar el uso de la tracción animal si es económicamente factible.

3. La contaminación de aguas.

Residuales líquidos

Objetivo específico:

Prevenir, reducir y controlar la contaminación provocada por el vertimiento inadecuado de residuales líquidos, incrementando su rehusó y tratamiento, y minimizando su generación.

Metas	Acciones
Cumplir con las normas de vertimientos de aguas residuales.	<ul style="list-style-type: none">• Controlar la contaminación a través de la aplicación de la norma de vertimiento la cual está en proceso de confección partiendo de Metodología creada.
Identificar el 100 % de los puntos potenciales en los que puede prevenirse la generación de aguas residuales.	<ul style="list-style-type: none">• Producción más limpia, como vía de prevenir la generación de aguas residuales.
Reducir anualmente, en no menos de 10 %, la carga contaminante de origen orgánico dispuesta al Medio Ambiente.	<ul style="list-style-type: none">• Introducir la desagregación y tratamiento de los residuales más cargados.
Incrementar en un 20% anual el volumen de aguas residuales recicladas o reutilizadas.	<ul style="list-style-type: none">• Continuar incrementando el aprovechamiento económico y el rehusó de los residuales líquidos, convenientemente tratados, para usos agrícola, industrial y acuícola.• Incrementar la vigilancia sobre las actividades de operación y mantenimiento de los sistemas de tratamiento de residuales ya construidos, para lo cual será necesario la asignación de determinados recursos para la adquisición de equipamientos y reactivos.• Promover la utilización de sistemas biológicos naturales de tratamiento de aguas residuales, teniendo en cuenta su elevada eficiencia en la remoción de contaminantes, los bajos costos de inversión, operación y mantenimiento.
Caracterización de los residuales de las fuentes contaminantes. Controlar sistemáticamente su descarga.	<ul style="list-style-type: none">• Garantizar un control sistemático de los principales focos contaminantes de las aguas.• Mantener la adecuada exigencia por el cumplimiento de las medidas que conduzcan a atenuar y eliminar su efecto nocivo.

Residuos sólidos

Objetivo específico:

- Prevenir, reducir y controlar la contaminación provocada por el manejo inadecuado de desechos sólidos.

Metas	Acciones
Recoger, tratar, disponer y utilizar eficientemente más del 50 % del volumen total de desechos sólidos generados. Incrementar en más de un 20% anual el volumen de desechos sólidos reciclados y reutilizados.	<ul style="list-style-type: none">• Introducir prácticas de Producción Más Limpia, incluyendo la búsqueda y aplicación de tecnologías de avanzada.• Aumentar los niveles de reciclaje y rehusó de los residuos sólidos: compost, RAC, cobertura de paja, cobertura vegetal, biofertilizantes, etc.• Incrementar la cobertura de recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos, con énfasis en los desechos peligrosos.• Realizar campañas de concientización y educación ambiental.

Productos químicos

Objetivo específico:

- Lograr el manejo seguro de los productos químicos a lo largo de su ciclo de vida.

Metas	Acciones
Aplicar planes de manejo de productos químicos y desechos peligrosos de las unidades de producción agrícolas e Industriales, cumpliendo premisas de un ordenamiento racional. Resolución 87/99 del CITMA. Reducir en un 95 % las existencias de productos químicos ociosos y caducados. Lograr una reducción entre 5 y 10 % de los niveles de uso de agroquímicos en las áreas agrícolas.	<ul style="list-style-type: none">• Elaborar planes de manejo que cubran las diferentes etapas del ciclo de vida de los productos químicos,• Tener actualizado el inventario en los almacenes de la existencia de productos químicos ociosos y peligrosos.• Crear y/o fortalecer la infraestructura existente para facilitar el acceso e intercambio de información sobre productos químicos.• Tener un absoluto control de todos los desechos contemplados en la Resolución 87/99 del CITMA.• Revisión y actualización de las bases de datos del SERFE

Lograr el 100 % de cumplimiento de los requisitos de transporte, almacenamiento, manipulación y uso de sustancias químicas.	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementar la sensibilización y capacitación a todos los niveles con relación a estos temas. • Formar recursos humanos para el desarrollo de alternativas de solución orientadas al manejo seguro de productos químicos.
---	--

4. La deforestación (bosques):

Objetivos específicos:

- Conservar el recurso forestal como elemento de la diversidad biológica y por su contribución a la conservación de la biodiversidad en general.
- Alcanzar el Manejo Forestal Sostenible en los suelos del MINAZ.

Metas	Acciones
Contribuir a aumentar el índice de boscosidad Cumplir las acciones del subprograma de bosques energéticos del Programa Nacional Forestal.	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con el Programa de reforestación del MINAZ • Apoyar a incrementar la siembra de bosques energéticos, caña energética con el objetivo de eliminar la utilización de otros tipos de bosques para estos fines.
Contribuir a que se concluya en el año 2008 la reforestación de las fajas hidrorreguladoras al Programa trazado al efecto en lo que corresponde al MINAZ.	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con el programa de reforestación de las fajas hidrorreguladoras de ríos y embalses. • Incrementar los índices de supervivencia y el logro de la plantación; haciendo especial énfasis en los ecosistemas frágiles.
Reforestar todas las hectáreas de tierras anteriormente dedicadas a la caña de azúcar, que fueron objeto de cambio de uso de suelo y que no han sido destinadas a otros fines.	<ul style="list-style-type: none"> • Cumplir con el Programa de Forestación contemplado en la Tarea "Álvaro Reynoso" del Ministerio del Azúcar. • Impulsar el Programa de las Fincas Forestales.

5. Conclusiones

- 1- Los principales problemas detectados en la caracterización de la subcuenca Ranchuelo son: el bajo índice de boscosidad, la deficiente calidad y cantidad de agua en el territorio y el mal aprovechamiento de los suelos.
- 2- Se constató que la disponibilidad de agua en la subcuenca Ranchuelo es de 827.79 m³ por habitante por año, por lo que clasifica como pobremente abastecida de este recurso natural.
- 3- Dada la crítica situación de los recursos hídricos en el territorio se propone el empleo de técnicas de riego más eficientes como es el riego localizado, incrementar al máximo las obras de captación de agua superficial y de lluvia, la aplicación de técnicas agrícolas que incrementen la retención del agua en el suelo y minimicen la evaporación directa, el uso de cultivos que toleren la falta de agua como la yuca y el garbanzo, la capacitación y desarrollo de proyectos en estas temáticas.
- 4- La aptitud de las tierras para los diferentes cultivos mostró que los suelos de la subcuenca son aptos para casi la generalidad de los cultivos evaluados.
- 5- Los rendimientos potenciales obtenidos con el sistema AGRO 24, así como el uso actual de la tierra, confirman que existe una deficiente explotación de las tierras en la región.
- 6- Existen en el territorio de la subcuenca unidades de tierra que presentan problemas con la sostenibilidad del agroecosistema, las cuales deben tener un manejo diferenciado.
- 7- La reserva de carbono orgánico de los suelos de la subcuenca en el horizonte superficial oscila entre 1,78 y 8,30 Kg.m⁻², para un valor promedio de 4,14 Kg.m⁻² y una reserva total de 354 330 T de carbono.

- 8- Entre los principales problemas socio- económicos y ambientales de la subcuenca Ranchuelo se encuentran: problemas con la vivienda, el transporte y las vías de acceso, la ineficiente producción de alimentos, el abasto y contaminación de las aguas, las necesidades de recreación para los jóvenes y adultos y la falta de una cultura ambiental en los pobladores.

- 9- El frijol y el maíz son de los cultivos evaluados los de mayores beneficios económicos para el territorio de la subcuenca Ranchuelo.

6. RECOMENDACIONES.

1. Presentar los resultados de esta tesis en el Consejo de Administración del Gobierno del municipio Ranchuelo.
2. Continuar profundizando en la caracterización y manejo de las cuencas hidrográficas del territorio como unidad de planificación y control de los recursos naturales.
3. Implementar los resultados de la evaluación de las tierras para los diferentes cultivos en el programa de autoabastecimiento municipal.
4. Implementar la estrategia ambiental propuesta para solucionar o mitigar los principales problemas ambientales de la subcuenca Ranchuelo.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- Alcolado, P. (1994). Selección de tópicos de Ecología de comunidades. Instituto de Oceanología, La Habana, 97p.
- Altieri, M. (1983). Agroecología. Bases científica de la agricultura alternativa. Editorial Central, Valparaiso, 154p.
- Altieri, M. (1994). Bases agroecológicas para una producción agrícola sustentable. Agricultura técnica 54, núm. 4: 371-86.
- Altieri, M. (1997). Agroecología. Bases científicas para una agricultura sostenible. Consorcio Latinoamericano de Agroecología y Desarrollo (CLADES), 249p.
- Altieri, M. y Clara Nicholls (2004). Sistema agroecológico rápido de evaluación de calidad del suelo y salud de cultivos en el agroecosistema de café. Universidad de Berkeley, California, 12p.
- Altieri M. y Clara Nichols. (2002). Un método agroecológico para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. Revista Manejo integrado de plagas y agroecología. Costa Rica. CATIE. No. 64. P. 17-24.
- Alvarez, Carlos. (1995). Metodología de la investigación. Universidad Pedagógica "Frank País", Santiago de Cuba, 65p.
- Alverson, K. (2002): Forward to the past: the future of PAGES. Global Change, 50: 4-6.
- American Society of Agronomy. (1989). Desicions Reached on sustainable agriculture. Agronomy News, Enero.
- Arnold M. y F. Osorio .(2003). Introducción a los conceptos básicos de la teoría general de los sistemas. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad Católica de Santiago de Chile. <http://rehue.csociales.uchile.cl/publicaciones/mosbic.htm>.
- Arnold, M. y D. Rodríguez .(1990). El perspectivismo en la teoría sociológica. Rev. Estudios Sociales, Santiago de Chile, 64: 12-16.
- Astier M. y Omar Masera.(1996). Metodología para la evaluación de sistemas de manejo incorporando indicadores de sustentabilidad (MESMIS). Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA), 30p.

- Balmaseda, et al. (2001). Balmaseda, C; D. Ponce de León; L. Benítez; R. Marín y R. Villegas. 2001. Informe sobre la evaluación de la aptitud física de las tierras dedicadas al cultivo de la caña en el MINAZ. Documento INICA. 36 pp.
- Balmaseda, C. y D. Ponce de León. (2000). Fundamentos de evaluación de tierra. INICA.
- Basterrechea, M; et al. (1996). Lineamientos para la preparación de proyectos de manejo de cuencas hidrográficas para eventual financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo. BID. EUA. Pp. 20.
- Bradley, R. S., K. R. Briffa, J. Cole, M. K. Hughes y T. J. Usborn. (2003). The climate of the last millenium. En: Paleoclimate global change and the future. K. Alverson, R. S. Bradley y T. F. Pedersen (eds.). Springer: Berlin, pp. 105.
- Boixadera, J. y Porta, J. (1991). Información de suelos y evaluación catastral. Método del valor índice. Madrid, Centro de Gestión Catastral y Cooperación Tributaria, Ministerio de Economía y Hacienda.
- Bouma, J. (1989). Land qualities in space and time, pp1-13. En: J. Bouma & A.K. Bregt (eds), Land qualities in space and time. Proc. ISSS Sump. Wageningen. PUDOC, Wageningen.
- Brussaará, L. y otros. (1997). Biodiversity and ecosystem functioning in soil. Rev. Ambio, 26(8):563-569.
- Burrough, P.A. y Rachael Mc Donell. (1998): Principles of Geographical Information Systems. Oxford University Press, Oxford, 333pp.
- Burrough, P.A. (1986). Principles of geographical information systems for land resources assessment. New York: Oxford University Press. XIII, 193 pp.
- Carter, M.R. (2002). Organic Matter and aggregation interactions that maintain soil functions. Agronomy my Journal, 94: 38-47.
- Casillas, J.A. (2007). VIII Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica. Propuesta para el desarrollo integral de microcuencas. Isla de la Juventud, Cuba. [CD-ROM] ISBN 978 959 247 036. 15 p.
- Cazau, P. (2003). Teoría General de Sistemas. Diccionario de Teoría General de los Sistemas. File de Internet.

- CESAM. (2007). Propuesta de guía metodológica para la realización de diagnósticos ambientales en los municipios. CITMA, Villa Clara. 2 p.
- CESAM. (2004). Diagnóstico ambiental del municipio Santo Domingo. CITMA, Villa Clara.
- Céspedes, M. (2005). Cobertura boscosa de la cuenca hidrográfica Sagua la Grande. Trabajo de titulación de Maestro en Ciencias. UCLV.
- CITMA. (2000). Guía para el diagnóstico de la situación ambiental de las cuencas Hidrográficas de la República de Cuba.
- Condon, R. W. (1968): "Estimation of grazing capacity on arid grazing lands", en Stewart, G. A. (Ed.): Land evaluation: Papers of a CSIRO Symposium, organized in cooperation with UNESCO. Melbourne, Macmillan of Australia, pp. 112-124.
- Conway, G. R. (1994). Sustainability in agricultural development: Trade-offs between productivity, stability and equitability. Journal for Farming Systems Research – Extension 4, núm. 2: 1-14.
- Conway, G. R. y E. B. Barbier. (1990). Indicators of agriculture performance. En: after the green revolution, 288-303. Londres, Reino Unido: Earthscan Publications, Ltd.
- Christian, C.S. & G.A. Stewart. (1968). Methodology of integrated surveys. Pp. 233-280. In: P. Rey (ed) Aerial surveys and integrated studies. Proc. Toulouse Conf. 1964: UNESCO, Paris.
- Dardón, et al. (2002). La cuenca alta del río Salamá: Gobiernos locales y bienes comunales, aproximación evaluativo de sustentabilidad social. Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación del programa universitario en recursos naturales y ambiente. Guatemala. Pp. 94.
- Dardón, J. J. y Cecilia P. Morales. (2002). La cuenca hidrográfica y su importancia para la gestión regional del desarrollo sustentable del altiplano occidental de Guatemala. Quetzaltenango, Guatemala. Pp. 32.
- De Camino, R. y Sabine Müller. (1993). Sostenibilidad de la agricultura y recursos naturales. Bases para establecer indicadores. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, 133p.
- Dourojeanni, A. (2001). Water management at the river basin level challenges in Latin America. CEPAL. Serie recursos naturales e infraestructura. Chile. Pp. 77.

- Dourojeanni, A.; A. Jouraviev. (2001). Crisis de gobernabilidad en la gestión del agua: Desafíos que enfrenta la implementación de las recomendaciones contenidas en el capítulo 18 del Programa21. CEPAL. Serie recursos naturales e infraestructura. Chile. Pp. 84.
- Dourojeanni, A. (1997). "Serie de Medio Ambiente y Desarrollo". Procedimientos de gestión para el desarrollo sustentable (aplicados a microregiones y cuencas), Naciones Unidas CEPAL. Santiago de Chile.
- Dueñas, R. (2006). Agua/ Sostenibilidad. Uso eficiente del agua. Editorial Feijoo. Santa Clara, 147pp.
- Dueñas, R. (2007). Manual para el Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas en Cuba (En fase de edición).
- Dueñas R. (2007). VIII Congreso Internacional de Ingeniería Hidráulica. Proyecto de metodología para el Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas en Cuba. Isla de la Juventud, Cuba. [CD-ROM] ISBN 978 959 247 036. 12 p.
- Faeth, P. (1993). Agricultural Policy and sustainability: Case studies from India, Chile, the Philippines and the United states. Washington D. C.: World Resource Institute.
- FAO. (1976). A framework for Land Evaluation. Soils Bulletin 32, Rome Italy.
- FAO. (1985). Directivas: evaluación de tierras para la agricultura en secano. Boletín de Suelos de la FAO, 52, Roma.
- FAO. (1983): Guidelines: land evaluation for rainfed agriculture. FAO Soils Bulletin nº 52. Roma, FAO.
- FAO. (1985a): Guidelines: land evaluation for irrigation. FAO Soils Bulletin nº 55. Roma, FAO.
- FAO. (1985b): Evaluación de tierras con fines forestales. Estudio FAO, Montes 48. Roma, FAO.
- FAO. (1993). Guidelines for Land use planning. Development Series 1. FAO. Rome, Italy. 80 pp.
- FAO. (1990b). Evaluación de Tierras para la agricultura en regadío: Directivas. Boletín de Suelos 55. Roma. Italia. 230 pp.

- FAO. (1994). Feslm: an Internatinal Framework for evaluating sustainable land management. Roma, Italia: Food and Agriculture organization of the United Nations. World soil resources report.
- FAO. (1996). Taller Regional sobre Aplicaciones de la Metodología de Zonificación Agro-Ecológica y los Sistemas de Información de Recursos de Tierras en América Latina y El Caribe. Santiago – Chile, Octubre 1996. 16 pp.
- Glave, M. y J. Escobal. (2000) Indicadores de sostenibilidad para la agricultura andina. Boletín Agroecológico, 67p.
- González, C. (1998). Evaluation of sustainability in dairy cattle production systems' Tesis de doctorado; Wye College, Unibersity of London.
- Gutiérrez, J. Y M. Gould. (1994). SIG: Sistemas de Información Geográfica. Editorial Síntesis S. A. 251 p. Madrid
- Hammond, A. y otros. (1995). Environmental indicators: A systematic approach to measuring and reportin on environmental policy performance in the context of sustainable development. World resources Institute, Waschingon D.C., EUA.
- Harrington, L. W. (1992). Measuring sustainability: Issues and alternatives. Journal for Farming Systems Research – Extension 3, núm. 1: 1-20.
- Hernández, A.; J.M. Pérez; D. Bosh; L. Rivero; E. Camacho; J. Ruíz; E. Jaimez; R. Marsán; A. Obregón; J. M. Torres; J. E. González; Rosa Orellana; J. Paneque; A. Mesa; Emma Fuentes; J. L. Duran; J. Pena; G. Cid; D. Ponce; Mayda Hernández; E. Frómeta; Libia Fernández; N. Garcés; Marisol Morales; Elbia Suárez; E. Martínez y J. M. Ruiz. (1999). Nueva Clasificación Genética de suelos de Cuba. Instituto de suelos Ministerio de la Agricultura. La Habana, 64 p.
- Hernández, A.; Pérez, J. M.; Bosh, D.; Rivero, L. (1999). Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. AGRINFOR, 64 p.
- INICA. (2000). PreAgro24. Programa para la preparación de datos de entrada al AGRO24. Grupo de Evaluación de Tierras, INICA.
- Instituto de Suelos. (1975). II Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Serie de Suelos. No. 23. 25 p.

- IPCC (2001): Climate change. The scientific basis. Contribution of working group I to the third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on climate change. Cambridge University Press. Cambridge, 881 pp.
- Kasting, J. F. (1998). The carbon cycle, climate and long term effects of fossil fuel burning. *Consequences*, 4(1): 14-27.
- Kimble, J.M., Eswaran y T. Cook. (1990): Organic carbon on a volume basis in tropical and temperate soils. Transactions of 14th ICSS. Kyoto, Vol. V. p. 248.
- Klingebiel, A.A. & P.H. Montgomery (1961). Land-capability classification. USDA Agric. Handbook 210. Soil Conservation Service, USDA Washington DC.
- Kolmans, E. y Darwin Vásquez (1996). Manual de agricultura ecológica. SIMAS-MAELA, Managua, 222p.
- Kononova, M. M. (1981): Soil organic matter; its role, its nature, its role in soil formation and fertility. Pergamon Press, New York, 450 pp.
- Labeyrie, L., J. Cole, K. Alverson y T. Stucker (2003): The history of climate dynamics in late quaternary. En: *Paleoclimate global change and the future*. K. Alverson, R. S. Bradley y T. F. Pedersen (eds.). Springer: Berlin, pp. 33 - 61.
- Lal, R (1999): World soils and the greenhouse effect. *Global Change*, 37: 4-5.
- Leemans, R. (1999): Land -use change and the terrestrial carbon cycle .*Global Change*, 37:24-26.
- Levins, R. y J. H. Vandermeer (1990). The agroecosystems embedded in a complex ecological community. En: *Agroecology*. C. R. Carroll, J. H. Vandermeer y P. M. Rosset, 341-62. EUA: Mc. Graw Hill.
- Leyva, Julio (1999). Sistema de Tareas para la Enseñanza de la Física. Ponencia presentada en el examen de mínimo de Problemas Sociales de la Ciencia. ISP Félix Varela, Villa Clara.
- Lorences, J. (2004). Aproximación al sistema como resultado científico. Conferencia sobre soporte magnético, Universidad Pedagógica "Félix Varela", Santa Clara, 15p.
- Margalef, R. (1976). *Ecología*. Editorial Interamericana, México D. F., 987p.
- Margalef, R. (1977). *Ecología*. Ediciones Omega, Barcelona, 951p.

- Margalef, R. (1993). Teoría de los sistemas ecológicos. Estudio general. Universidad de Barcelona, Publicaciones, 290p.
- Martínez, F. Z. (2001). Impacto ecológico de la agricultura migratoria sobre algunos indicadores ambientales en un ecosistema de montaña. Tesis de Maestría, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, 97p.
- Martínez, F. Z. (2003). Glosario mínimo para CaC. Material sobre soporte magnético, 346p.
- Martínez, F. Z. (2004). Los agroecosistemas tropicales, su funcionamiento y sostenibilidad. Indicadores más empleados. La Habana, Conferencia Curso Asociación Nacional de Agricultores Pequeños-Centro de Estudios Rurales de Agricultura Internacional, 14p.
- McCormack, R. J. (1971): "The Canada Land Use Inventory: a basis for land use planning", *Journal of Soil and Water Conservation*, 26, 4, pp. 141-146.
- Masera, O. y otros (1999). Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MESMIS. Grupo Interdisciplinario de Tecnología Rural Apropiada (GIRA), México D. F., 109p.
- Mass, M. y V. Jaramillo (1995). Defining criteria for ecological sustainability from an ecosystem perspective: an example with tropical deciduous forest. Soil Science Society of America Annual Meeting. EUA: Soil Science Society of America.
- Mesa, A.; O. Suárez y M. Hernández. (1982). Evaluación de los suelos de Cuba referida a 35 cultivos fundamentales. *Agrotecnia de Cuba*. 14 (2): 23-32.
- Mesa, A., Mayda Hernández e I. Hernández. (1993). Sistema Nacional de Evaluación de Tierras del Ministerio de la Agricultura. En Villegas D. y D. Ponce de León (Eds.). *Memorias del XI Congreso Latinoamericano y II Congreso Cubano de la Ciencia del Suelo*. La Habana, Vol. I p 279-282
- Mesa L. y A. Mesa. (1993). AGRO24. Sistema para el cálculo del potencial productivo de los suelos. Versión 4.0. AgroSoft, CNSF. MINAG
- Ministerio de Agricultura. (1974): Caracterización de la capacidad agrológica de los suelos de España. Metodología y normas. Madrid, Ministerio de Agricultura.

- Muller, S. (1995) Evaluating the sustainability of agriculture at different hierarchical levels: A Framework for the definition of indicators. Scientific Workshop on indicators of sustainability, Alemania.
- NCGIA. 1990. Core Curriculum. Tres Volúmenes: I. Introduction to GIS. II. Technical issues in GIS. III. Applications issues in GIS. Santa Bárbara, Cal. National Center of California, vol. 1. pp 1-3
- Nebel, B.; R. Wrigth. (1999). Ciencias ambientales: Ecología y desarrollo sostenible. Sexta edición. PrenticeHall. México. Pp. 720.
- Norman, m. (1979),
- Odum, E. P. (1972). Ecología. 3ra Edición, Editorial Interamericana, México D. F., 639p.
- Overpeck, J. C. whit lock y B. Huntley (2003): Terrestrial biosphere dynamics in the climate system, past and future. En: Paleoclimate global change and the future. K. Alverson, R. S. Bradley y T. F. Pedersen (eds.). Springer: Berlin, pp. 81-103.
- Pacheco, Y. (2005). Indicadores de sostenibilidad en una Unidad de Producción Familiar influida por la metodología Campesino a Campesino en el municipio Santa Clara. Tesis de Diploma, Universidad Central "Marta Abreu de Las Villas". Facultad de Ciencias Agropecuarias, Santa Clara, 89p.
- Palma, I; et al. (2000). Elementos para una estrategia de intervención en el proceso de ordenamiento territorial en la subcuenca del río las tinajas. Universidad del Valle de Guatemala. Facultad de Ciencias Sociales. Maestría en desarrollo. Curso de ordenamiento territorial. Guatemala. Pp. 28.
- Pierce, F. J., Larson, W. E., Dowdy, R. H. y Graham, W. A. P (1983): "Productivity of soils: Assessing long-term changes due to erosion", Journal of Soil and Water Conservation, 38, pp. 39-44.
- Pérez, H., Más. R., Rodríguez, L., Machado, D. (2001). Informe. Evaluación de la Aptitud Física de las Tierras de la Provincia Villa Clara. Primera Aproximación. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. La Habana. 38 pp.
- Peña, L., L. Rosado, L. O. Hernández y J. Orihuela. (2004). Gestión Integrada de la Cuenca Vento – Almendares en el Marco del Desarrollo Local Sostenible. XIV

- Congreso del INCA, Nov. 9 – 12. La Habana. Memorias. CD Rom. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN 959-7023-27-X.
- Pineda, Emma, (1999). Estudio de Suelos para el Manejo Integral de la Caña de Azúcar en el CAI "Ifraín Alfonso". Dpto. de Suelos Agroquímica. ETICA. Villa Clara.
- Pedersen, T. F., R. Francois, L. Francois, K. Alverson y J. Mc Manus (2003): The late quaternary history of biogeochemical cycling of carbon. En: Paleoclimate global change and the future. K. Alverson, R. S. Bradley y T. F. Pedersen (eds.). Springer. Berlin, pp. 63-79.
- PIMA. (2008). Informe de los resultados de los experimentos de larga duración en caña de azúcar en el bloque experimental de la ETICA Villa Clara. Subdirección de Manejo Agronómico. Pp 15.
- Ponce de León, D. (2003). Las Reservas de Carbono Orgánico de los Suelos Minerales de Cuba. Aporte Metodológico al Cálculo y Generalización Espacial: Tesis en Opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Agrícolas, La Habana. Pp180.
- Raynaud, D., T. Blunier, Y. Ono y R. J. Delmas (2003): The late quaternary history of atmospheric trace gases and aerosols: Interactions between climate and biogeochemicals cycles. En: Paleoclimate global change and the future. K. Alverson, R. S. Bradley and T. F. Pedersen (eds.). Springer. Berlin, pp.13-31.
- Quirós, A. (1992). Evaluación del efecto ecológico de las obras ingenieras. Centro de Estudios de Ciencias Ambientales (CECA), Universidad Pedagógica "Félix Varela", Santa Clara, 4p.
- Reijntjes, C., B. Haverkom y A. Water-Bayer (1992). Farming for the future: An Introduction to low-external input and sustainable, MacMillan, London.
- Rhind, D. (1990). Global Databases and GIS. En Foster, M. J. Y Shand, P. J. (eds): The Association for Geographic Information Yearbook (1990). Londres, Taylor & Francis and Miles Arnold, pp. 218-223
- Rincón, Juana. (1998). Concepto de Sistema y teoría General de los Sistemas. Cooperación de personal Académico: Mecanismo para la integración del Sistema Universitario Nacional. Universidad Simón Rodríguez, San Francisco de Apure, Venezuela. Rinconjausa.net.internet.

- Roldós, J., R. Rubio, R. Marín. (1985). Algunos factores edáficos limitantes de la producción de la caña de azúcar en Cuba. Mimeografiado, INICA, La Habana, Cuba. 62 pp
- Rosal del Cid, C. (1982). Caracterización preliminar de la cuenca del río Samalá. Tesis de Grado. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. Instituto de Investigaciones Agronómicas. Guatemala. Pp. 135.
- Rossiter, D.G., A. Jiménez T. & A. van Wambeke (1995) Sistema Automatizado para la Evaluación de Tierras. ALES. Versión 4.5 en Español. Manual para Usuarios. Cornell University, Ithaca.
- Rossiter, D. (1994). Land Evaluation. Lectures notes. Cornell University. College of Agriculture and Life Sciences, Department of Soil, Crop & Atmospheric Sciences. SCAS Teaching Series T94-1
- Salomón, S. (2004). Importancia de la Educación Ambiental en la Introducción de los Fertilizantes Orgánicos para una Agricultura sustentable en Cuba. XIV Congreso del INCA. Nov. 9 – 12. La Habana. Memorias. CD Rom. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. ISBN 959-7023-27-X.
- Santé Riveira, I. y Crecente Maseda, R. (2005): "Evaluación de métodos para la obtención de mapas continuos de aptitud para usos agroforestales", GeoFocus (Artículos), nº 5, p. 40-68. ISSN: 1578-5157.
- Santiago, J. F. (2006). Fundamentos de las normas cubanas de vertimiento de residuales a las aguas terrestres y a la zona costera y aguas marinas. III Seminario Internacional de Uso Integral del Agua. La Habana. Memorias CD Rom. UNAICC. ISBN 959 -247-030-8. Pp. 12.
- Smith, M. (s.a) CROPWAT 4. Windows version 4.3. Land and Water Development Division. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy.
- Streck, H. (1992). Sistema de evaluación de la aptitud agrícola de las tierras. Internet.
- Sulroca, F. (1982). Instructivo para la elaboración del informe resumen del Estudio de Factores limitantes para el cultivo de la caña. Mimeografiado, MINAZ, La Habana, Cuba. 46 pp.

- Storie, R. E. (1933): An index for rating the agricultural value of soils. Berkeley, University of California
- Stoorvogel, J. J. (1995). Geographical Information Systems as a Tool to Explore Land Characteristics and Land Use, with reference to Costa Rica. Koninklijke Bibliotheek, La Haya.
- USBR (1953). Bureau of reclamation manual. Vol V. Irrigated land use, Part. 2 Land clasification. US Dept. Interior, Washington DC.
- Taylor, D. C., MZ. Abidin, S. M. Nasir, M. M. Ghazali y E. F. C. Chiew. (1993). Creating a farmer sustainability index: A Malaysian case study. American Journal of Altrnative Agriculture 8, núm. 4: 175-84.
- Valdez, Verónica, (2004). Pasos en el siglo XXI para mantener las cuencas hidrográficas. Recuperado en [http://www. GestioPolis.com](http://www.GestioPolis.com) © 2008 Carlos López / Webprofit Ltda. [2008, 10 de Abril].
- Van Diepen, C.A., H. van Keulen, J. Wolf & J.A.A. Berkhout. (1991). Land Evaluación: From intuition to quantification. En: B.A. Stewart (Eds), Advances In Soil Science .Springer New York. pp.139-204.
- Van Lanen, H.A.J., M.J.D. Hack-ten Broeke, J. Bouma & W.J.M. de Groot (1992). A mixed qualitative/quantitative physical land evaluation methodology. Geoderma 55:37.
- Villegas, R. (2001). Estudio, evaluación y monitoreo de suelos para el desarrollo de tecnologías integrales y sostenibles de producción de la caña de azúcar". Proyecto: 00101102, INICA.