

**Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas**  
**Facultad de Ciencias Agropecuarias**



**Tesis presentada en opción al Título Académico de  
Master en Ciencias en Agricultura Sostenible.**

**Título: Manejo Sostenible de la Sub-Cuenca Central de  
la cuenca hidrográfica del río “Sagua la Grande”**

**Aspirante: Ing. Danilo Díaz Báez**

**Tutores: Dr. Ricardo Dueñas García**

**MSc. Yulexis Pino Franco**

**2008**

**“Año 50 de la Revolución”**

**RESUMEN**

El trabajo “Manejo sostenible de la Sub Cuenca Central de la Cuenca Hidrográfica del río “Sagua la Grande”, se realizó por la necesidad de ordenar la actividad agrícola en este territorio en función del medio ambiente, garantizando el autoabastecimiento local en correspondencia con la voluntad política del país y tiene como objetivo general estudiar las características del ecosistema para su ordenamiento, con la utilización del SIG, Mapinfo versión 8.0 y los programas digitalizados CERES y AGRO - 24 . Entre los principales resultados alcanzados se encuentran: que los medios físicos (suelo - agua) y el Clima no constituyen un factor limitante para el desarrollo de los agroecosistemas; la ocurrencia de inundaciones como respuesta al efecto de eventos climáticos extremos ocasionan serias pérdidas productivas y económicas en el orden de los \$6 822 120.51, provocadas fundamentalmente por aguas arriba, con una probabilidad de ocurrencia de 3.5 veces cada 100 años, se demuestra que es posible lograr la autosuficiencia alimentaria a través del ordenamiento de los cultivos en función del medio ambiente. Concluyéndose que la disponibilidad del agua es suficiente (5020 m<sup>3</sup>/personas/año); existe una sub-explotación de los suelos del ecosistemas y con el ordenamiento espacial y temporal de los cultivos se incrementa la producción de viandas, granos, hortalizas y frutas 5.42 veces más, que la actual acorde con la demanda per-cápita por habitante.

**Índice.**

	<b>Páginas</b>
<b>Introducción.</b>	<b>1</b>
<b>1. Revisión bibliográfica.</b>	<b>4</b>
<b>1.1 Introducción.</b>	<b>4</b>
<b>1.2 La Cuenca Hidrográfica. Importancia del Diagnóstico.</b>	<b>4</b>
<b>1.2.1 La Cuenca Hidrográfica.</b>	<b>4</b>
<b>1.2.2 Manejo de Cuencas.</b>	<b>6</b>
<b>1.2.3 El enfoque de cuencas.</b>	<b>10</b>
<b>1.2.4 Potencialidades del Recurso Hídrico.</b>	<b>11</b>
<b>1.2.5 Importancia del Diagnóstico.</b>	<b>13</b>
<b>1.3 Ordenación en función del medio ambiente.</b>	<b>15</b>
<b>1.3.1 Sistemas agrícolas sustentables. Estabilidad de los sistemas agrícolas.</b>	<b>17</b>
<b>1.3.2 Ordenación y medio ambiente. Evaluación de riesgos.</b>	<b>21</b>
<b>1.4 Requerimientos climáticos de los cultivos.</b>	<b>24</b>
<b>2. Materiales y métodos.</b>	<b>25</b>
<b>3. Resultados y discusión.</b>	<b>40</b>
<b>3.1 Introducción.</b>	<b>40</b>
<b>3.2 Resultados del Diagnóstico.</b>	<b>40</b>
<b>3.3 Aplicación del procedimiento para el ordenamiento de la actividad agrícola.</b>	<b>44</b>
<b>3.4 Resultados de la aplicación del procedimiento para la evaluación de los daños económicos provocados por inundaciones en zonas habitacionales y agrícolas.</b>	<b>55</b>
<b>3.5 Ordenamiento de cultivos.</b>	<b>58</b>
<b>3.6 Análisis de la autosuficiencia alimentaria.</b>	<b>61</b>
<b>4. Conclusiones.</b>	<b>63</b>
<b>5. Recomendaciones.</b>	<b>64</b>
<b>6. Bibliografía.</b>	<b>65</b>

La cuenca hidrográfica constituye el marco geográfico idóneo de planificación integral y regional, en función del medio ambiente en el cual el recurso hídrico es el elemento primordial, cuyo manejo y aprovechamiento se interrelaciona con otros elementos (vegetación, suelo, fauna, medio ambiente y hombre) contribuyendo en alto grado al desarrollo hidro-energético, agropecuario, industrial y urbano.

El estudio de los desequilibrios producidos por el mal uso de los recursos naturales, el empobrecimiento de los suelos, la deforestación, la falta de diversidad biológica, la disminución de los caudales han contribuido al bajo nivel de vida de las comunidades (Mazuera, 1990); por ello, es indispensable empezar a identificar el estado actual de las cuencas, para proyectar un desarrollo más sostenido.

El modelo cubano de desarrollo se consolida, sobre una base sostenible en el cual el uso y protección de los recursos naturales y el hombre, juegan un papel fundamental en la interacción de los medio físicos, biológicos y socioeconómicos.

Al ordenar la actividad humana, realizando el mejor uso de los recursos naturales, se hace necesario operar dentro de los espacios físicos en donde es imprescindible conocer los efectos de la acción del hombre sobre el medio natural; es entonces la cuenca hidrográfica 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, (Richter, 1995), 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,

No obstante estos avances, el estado actual de degradación de los recursos naturales en grandes extensiones de las cuencas se debe principalmente a la falta de una planificación y manejo integrado de los recursos, lo que está afectando a la sostenibilidad de los ecosistemas, la contaminación de las aguas, la erosión de la tierra productiva y la exacerbación de la inestabilidad de áreas frágiles.

Usar la información existente de todas las actividades que se desempeñan en la cuenca es una vía para definir los diferentes problemas y proyectarse en función de lograr el desarrollo sostenible del ecosistema; pues 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 de las cuencas hidrográficas.

En Cuba existen 632 cuencas grandes, medianas y pequeñas: de ellas 14 pertenecen a la provincia de Villa Clara. Ocho cuencas a nivel de país son de prioridad nacional y en ellas se ha centrado la mayoría de los estudios, sin embargo no se ha podido interpretar la evolución de los factores que han incidido en la degradación de los mismos y como consecuencia no se ha podido proponer acciones para eliminarlos y/o mitigarlos.

Con el manejo de una cuenca hidrográfica se trata de evitar que los recursos naturales se degraden, eliminen o contaminen. Mantener un equilibrio entre los diferentes factores que influyen en el medio ambiente de la cuenca, es la única forma que pueda ser utilizada para satisfacer las necesidades de alimentación actual y asegurar las del futuro; al respecto son pocas las experiencias existentes. La cuenca hidrográfica "Sagua la Grande" es la más importante de la provincia de Villa Clara, con una superficie de 2188 Km<sup>2</sup> ocupa el cuarto lugar a nivel nacional. Desde hace ocho años se realizan por un grupo multidisciplinario los estudios que puedan conducir al manejo integral de la misma y para lograr este objetivo se ha considerado conveniente subdividir la misma en seis sub - cuencas. Una de ellas es la sub - cuenca Central ubicada en la zona oeste de su territorio, con grandes afectaciones por inundaciones cuando ocurren eventos climáticos de magnitud. Por las características de los suelos de este territorio juega un rol importante en el autoabastecimiento de la población del municipio de Santo Domingo.

El **problema** que motivó la realización del presente trabajo es la necesidad de ordenar la actividad agrícola de la sub-cuenca central de la Cuenca Hidrográfica del río Sagua la Grande en función del medio ambiente, garantizando el autoabastecimiento local en correspondencia con la voluntad política del país.

Teniendo en cuenta el problema científico se plantea la siguiente hipótesis:

**Hipótesis.** Realizando una ordenación de la actividad agrícola en la sub-cuenca central de la cuenca Sagua la Grande, se podrán planificar sobre bases científicas los recursos naturales del territorio, permitiendo obtener mejores resultados en los rendimientos de los principales cultivos, para su sostenibilidad.

**Objetivo general.** Estudiar las características del territorio de la sub-cuenca central de la cuenca hidrográfica del río Sagua la Grande, para su ordenamiento en función del medio ambiente. .

**Objetivos específicos.**

- Realizar el diagnóstico medio ambiental de la subcuenca central de la cuenca hidrográfica del río “Sagua la Grande”
- Caracterizar la ocurrencia de eventos climáticos extremos en la subcuenca, estudiando los posibles daños económicos que puede ocasionar las inundaciones que ocurren en el territorio..
- Realizar el Ordenamiento de la Actividad Agrícola en el territorio de la Sub-cuenca central en función del Medio Ambiente
- Definir si la autosuficiencia alimentaria del territorio de la sub-cuenca central puede contribuir al abastecimiento de alimentos a la población del municipio de Santo Domingo.

**Novedad Científica:**

El ordenamiento de los cultivos, con el uso de Sistemas de Información Geográfica, a partir del estudio del territorio de la Subcuenca Central del Río “Sagua la Grande”, para su manejo sostenible.

## **1. REVISION BIBLIOGRAFICA**

## **1.1 Introducción.**

En América Latina en el período 1990 – 2000 los proyectos de desarrollo rural buscaron la creación de espacios participativos y la acción concertada de las entidades gubernamentales y no gubernamentales. Los inicios fueron enfocados como búsqueda de las mismas comunidades por mejores oportunidades, sobre la base de sus capacidades locales. En este período predomina el desarrollo de trabajos por subcuenca y micro-cuenca, aplicándose el enfoque integral del manejo de los recursos naturales. Se planteó la concepción de “*cuenca como sistema*”, definiéndose que de la interacción e interdependencia de sus componentes depende el desarrollo armónico. La gestión del desarrollo se orientó por cuencas hidrográficas, considerando así a la cuenca, como una base territorial para articular procesos de gestión integrada donde el manejo de los espacios menores permitiría el manejo de los espacios mayores, de micro-cuenca a subcuenca y de subcuenca a cuenca, priorizando las partes altas y las zonas de captación.

## **1.2 La Cuenca Hidrográfica. Importancia del Diagnóstico.**

### **1.2.1 La Cuenca Hidrográfica**

Según FAO (1986), *la cuenca* es, un área topográficamente delimitada que resulta drenada por un sistema de corriente de agua, o sea, la superficie total que drena hasta un cierto punto de una corriente o río. La cuenca es una unidad hidrológica que ha sido descrita y usada como Unidad Físico - Biológica y Unidad Socioeconómica - Política para planificar y ordenar.

Easter Dncon y Hufschmidt (1988), además de coincidir con el concepto antes expuesto, definen a la cuenca, como una unidad lógica de planificación ya que obliga explícitamente a reconocer que el desarrollo basado sobre la tierra o recurso depende de la interacción de todas las actividades que tienen lugar en el total del área. Las tierras altas y bajas están físicamente conectadas en una cuenca a través del ciclo hidrológico, lo cual implica el manipuleo de los recursos naturales, agrícolas y humanos, para propiciar recursos aptos para la sociedad, pero en condiciones en que los recursos suelo y agua no sean afectados en

forma negativa; la ordenación de la cuenca deberá tomar en cuenta los factores sociales, económicos e institucionales que actúan dentro y fuera de la misma.

Los mismos autores, plantean a su vez que, las actividades aguas arriba, afectan las oportunidades y los problemas aguas abajo, influyendo sobre el flujo de agua de sedimento otros materiales llevados por el agua a lo largo del sistema. Para reconocer este hecho basta simplemente observar numerosos ejemplos donde las deficientes prácticas de uso de la tierra aguas arriba provocan desastres aguas abajo. La erosión aguas arriba no solo origina pérdidas a largo plazo de productividad aguas arriba; sino también pérdidas de capacidad de almacenamiento en las represas, que provocan a su vez pérdidas de producción de potencia hídrica, mayores inundaciones, o pérdidas de capacidad de irrigación aguas abajo. La pérdida de los suelos genera impactos adversos aguas abajo aún cuando no hay represas. Es muy posible que produzcan más frecuentemente rebalses de agua y daños por inundación. Además, la falta de agua de las zonas altas genera contaminaciones más serias, incluyendo problemas de salud pública. En otras palabras, el concepto de ordenación de cuencas es una manera integrada de ver los usos de la tierra y el agua, así como sus integraciones sobre una determinada superficie. Las cuencas constituyen también las unidades adecuadas para realizar análisis económico y para considerar muchos cambios físicos conectados con la utilización y desarrollo de recursos. (...) la mayoría de las facetas de desarrollo y recursos pueden ser evaluadas incluyendo los cambios e impactos en el lugar (proyecto) y fuera del lugar.

Por otra parte, fuentes del Programa Nacional de Manejo de Cuencas (PNMC) COHDEFOR-OEA (1993), refieren que cuencas hidrográficas es todavía un término que crea un poco de confusión. Es por esto que escuchamos comentarios como: “la cuenca se ha desbordado”, o “la cuenca se ha secado” cuando el término correcto sería el río se ha desbordado. Una cuenca hidrográfica se define como un área geográfica drenada por un río, o sea, un área por cuya parte discurre un curso fluvial que recoge las aguas de toda ella. Si leemos detenidamente la definición, encontramos que la palabra clave es área. El río sólo es un elemento de la cuenca, pero es el elemento más importante, ya que es el elemento integrador, el que produce la famosa conexión: aguas arriba y aguas abajo. En otras palabras, a través del río ocurre el efecto de que lo que hagamos aguas arriba tenga repercusión, positiva o negativa (llámese impacto) en la parte baja de la cuenca. Esto implica que todas las actividades productivas y/o recreativas que se efectúen dentro de esta área deberán considerarse como factores afectando la cantidad y calidad del agua.

#### 1.2.2 Manejo de Cuencas.

Entonces, 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, (Faustino, 1987). En otras palabras, manejar las cuencas es administrar todos los recursos naturales (bosque, tierras agrícolas, poblaciones humanas, fauna, minería, agua, etc.), enmarcados en esta unidad de planificación.

Pero, ¿por qué usar la cuenca como unidad de planificación y no los límites políticos y administrativos (departamentales y municipales) ya existentes? Según varios autores, entre ellos Richter (1995), plantean que 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.

Se puede citar como ejemplo de ordenación de cuencas hidrográficas, lo publicado por la Oficina de Humedales, Océanos y Cuencas Hidrográficas de la Agencia de Protección Ambiental de EUA (2002), la cual plantea que desde la aprobación de la Ley de Aguas Limpias (Clean Water Act, CWA, por sus siglas en inglés) y la Ley de Agua Potable Segura (Safe Drinking Water Act, SDWA, por sus siglas en inglés) más de 20 años atrás, su nación ha logrado un progreso significativo en la protección y restauración de la integridad física, química y biológica de sus aguas.

En algunos países, como por ejemplo en Perú, se han formulado programas nacionales de manejo de cuencas, a veces también llamados de micro-cuencas, 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 (2007), 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 su 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), (Gerencia de Desarrollo Fomento Forestal Departamento Manejo y Desarrollo Forestal Unidad de Conservación de Suelos y Aguas, 2007).

El manejo de una cuenca es una manera de ordenar el territorio y por tanto una forma de lograr un desarrollo socioeconómico equilibrado de las regiones y comarcas, además del uso racional en el territorio de los recursos

### ***Antecedentes del manejo integrado de cuencas.***

Según Herrero Rodríguez (1991), 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. (J.A. Herrero y U. Melchanov, 1991).

Refiere Herrero (1991), que antes de este año 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.

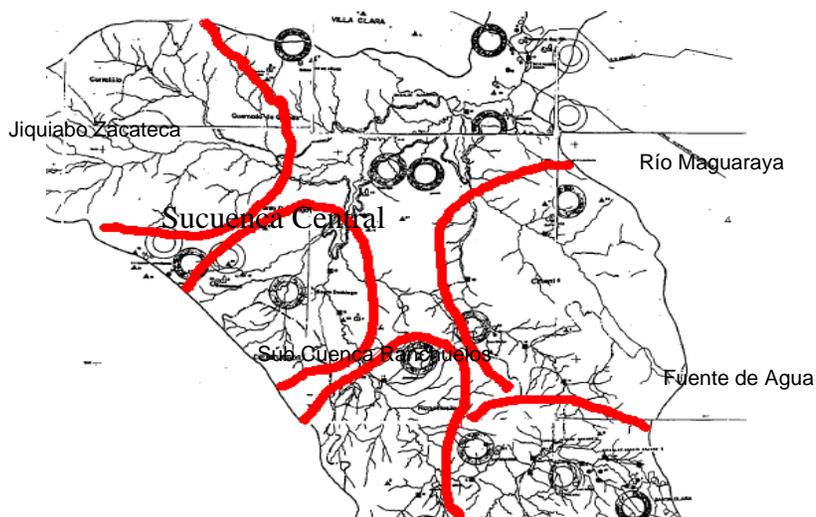
Plantea, además, que para el manejo de cuencas hidrográficas en Cuba se han trazado programas y proyectos los que definen los siguientes objetivos: establecer sub-cuencas representativas que se constituirán en áreas demostrativas de investigación y desarrollo, como modelo de manejo integrado, para la 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 hidroreguladora 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.

Herrero Echevarria J. A. (2003); expone que en Cuba, los recursos hídricos potenciales están evaluados en 38.1 Km<sup>3</sup> totales, los cuales se desglosan en 6.4 Km<sup>3</sup> 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. Coincidiendo con Marrero (1989) cuando plantea

que la longitud de los ríos y el área de las cuencas, en el 85% de los casos es inferior a 40km y 200km<sup>2</sup>, respectivamente y abarcan una superficie de 75 000 Km.<sup>2</sup>

Calzadilla Zaldívar (1991), de forma coincidente con lo planteado en 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 km<sup>2</sup> y le sigue en orden de tamaño el Río Zaza (145km y 2394 km<sup>2</sup>), Sagua la Grande (144km y 2188 km<sup>2</sup>) Caonao (132km y 1235 km<sup>2</sup>).

Según Dueñas, R. (2007), la cuenca hidrográfica "Sagua la Grande" es la más importante de la provincia de Villa Clara, con una superficie de 2188 Km<sup>2</sup> ocupa el cuarto lugar a nivel nacional. Desde el año 2000 es estudiada por un grupo multidisciplinario con el objetivo de conducir al manejo Integral de la misma considerando conveniente subdividir la misma en seis sub - cuencas. Una de ellas es la sub-cuenca central ubicada en la zona oeste, con grandes afectaciones por inundaciones cuando ocurren eventos climáticos de magnitud; corroboradas en estudios realizados por el CESAM, (2005), que refieren serias afectaciones al sector agrícola y habitacional, reportadas fundamentalmente al paso de huracanes Lili, George y Dennis. Por las características de los suelos de este territorio debe jugar un rol importante en el autoabastecimiento de la población del municipio de Santo Domingo.



**Fig 1.1** Subdivisión de la Cuenca Hidrográfica Sagua la Grande para su estudio.

### 1.2.3 El enfoque de cuencas.

Faustino (1994), define los componentes que forman el enfoque de cuencas:

- ✓ *Enfoque Geográfico*: Las cuencas son las fronteras de la naturaleza. Son áreas que drenan a cuerpos de agua superficiales. Una cuenca incluye generalmente lagos, ríos, estuarios, humedales, riachuelos y el paisaje de los alrededores. Las áreas de recarga de aguas subterráneas también son consideradas como parte de las mismas.
- ✓ *Mejoramiento Continuo Basado en Ciencia Cierta*: Datos, herramientas y técnicas científicas confiables son críticos para describir e informar sobre los procesos. Las acciones tomadas incluyen la caracterización de problemas y soluciones con prioridad en las cuencas, el desarrollo de planes de acción y la evaluación de su efectividad dentro de la misma.
- ✓ *Sociedades/Participación de las Partes Interesadas*: Las cuencas trascienden fronteras políticas, sociales y económicas. De este modo, es importante el que se involucre a todas las partes e intereses afectados en el desarrollo e implementación de metas para la cuenca.

Faustino (1998), define además los beneficios que reporta el enfoque de cuencas como sigue:

- AMBIENTALES
- ✓ *Enfoque en el Recurso*  
Tomando el enfoque de cuencas, se presta más atención en el recurso y en el logro de resultados ecológicos reales, en lugar de requisitos administrativos.
- ✓ *Énfasis en Problemas Prioritarios*  
Un entendimiento más profundo de las amenazas y condiciones de las cuencas provee una base más fuerte para concentrarse en los problemas más importantes.

✓ **Construcción Comunitaria**

Dentro de los problemas prioritarios se encuentran las inundaciones, consideradas como el flujo o la invasión de agua por exceso de escurrimientos superficiales o por la acumulación de estos en terrenos planos, ocasionados por la falta o insuficiencia de drenaje pluvial tanto natural como artificial. En general, la magnitud de una inundación provocada por eventos de origen hidro-meteorológico depende de la intensidad de la lluvia, de su distribución en el espacio y tiempo, y del tamaño de las cuencas hidrológicas afectadas, así como de las características del suelo, y del drenaje natural y artificial de las cuencas ( Bremen y Lara, 2001).

- ✓ *Cooperación y Colaboración:* Los socios adquieren un sentido de propósito común al trabajar con las soluciones. La participación de los responsables ayuda a asegurar las soluciones duraderas.

#### **1.2.4 Potencialidades del Recurso Hídrico.**

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 (Gutiérrez, 1992), el resto es liberado hacia el mar sin darle ningún uso. Hargreaves (1992) estimó 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, lo que ha sido propuesto por varios expertos en esta materia como, Hargreaves y Olsen, (1999); Hargreaves (1998), Laboranti (1992); Gutiérrez (1992); Simmons y Castellanos (1969).

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*, Herrero Echevarría J.A. (2003), refiere que el Instituto de Suelos, (2001); de acuerdo con los estudios realizados en relación con los recursos edáficos, 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.

Faustino *et al.* (1997), afirma que 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, sub - cuencas y micro - cuencas.

Faustino (1997) y Mc Cammon *et al.* (1994), refieren que esta zonificación en base a usos potenciales, ha sido utilizada en diversas regiones con mucho éxito. La última aplicación exitosa fue la utilizada en el noroeste de los E.U.A por un equipo multidisciplinario que arribó a un ordenamiento del uso de la tierra, en base a Cuencas Hidrográficas, para determinar el uso más óptimo sin provocar su deterioro.

Según FAO (1988), la degradación de las cuencas o proyectos dirigidos a la reforestación o a la conversión desde el uso de un recurso a otro, pueden ambos desencadenar una migración o cambios de manera de vida para los habitantes de la cuenca. Las actividades en el uso de la tierra y los disturbios aguas arriba a menudo dan origen a una cadena de consecuencias que pueden ser examinadas y evaluadas rápidamente dentro del encuadre de la cuenca.

### **1.2.5 Importancia del Diagnóstico.**

Según la FAO (1997), el termino "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.

Refiere a su vez que el diagnóstico define la redistribución de ingresos que tienen lugar en el ecosistema, las implicaciones para los presupuestos oficiales y las implicaciones en términos de niveles de producción regional y nacional a través del tiempo. El análisis ambiental forestal sobre la calidad del suelo, la estabilidad ecológica, el rendimiento del agua y así sucesivamente, o sea, los impactos físico- biológicos. El científico - social a su vez observa los cambios grandes de ocupación regional en términos de efecto sobre los sistemas culturales, la cohesión social, conflictos con las tradiciones e instituciones preexistentes, por ejemplo, tradiciones sobre la tenencia informal y así sucesivamente. El punto es que en este caso el cambio físico es el empleo de cien personas en tareas forestales. El cambio puede tener un mirada que así llamamos “efectos” o “impactos” diferentes, dependiendo de quién está observando el cambio en la ocupación.

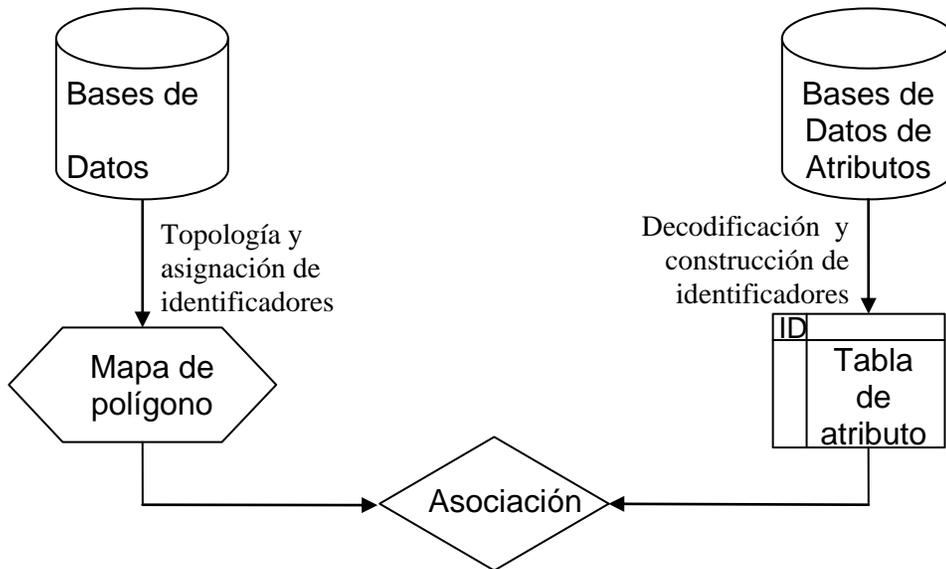
### **1.3 Uso de sistemas de información geográfica**

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 y 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, modelación 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 1.2).



**Figura 1.2.** Procedimientos para la asociación de la base de datos digital de atributos y la base de datos digital gráfica.

### ***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:

- Localización: recupera información sobre un lugar determinado.
- Condición: visualiza las localizaciones que cumplen determinadas condiciones.
- Tendencias: tiene en cuenta la componente temporal.
- Rutas: calcula caminos óptimos.
- Pautas: determina patrones espaciales de distribución de un fenómeno.

- Modelos: el SIG como herramienta de predicción.

### ***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 pueden simular fenómenos como la erosión y el riesgo potencial a las inundaciones.

#### **1.4 Ordenación en función del medio ambiente.**

Según datos de la FAO (2007), 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  $1.5 - 10^{12} \text{ m}^3$  de agua al año. La efectividad del riego queda demostrada en los datos que indican que a pesar del bajo porcentaje que representan las área 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 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. FAO, (1999),

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 tornan una variante para lograr buenos resultados en la agricultura en zonas con déficit de humedad o en lugares de humedad excesiva.

El agua es una parte integrante de todos los sistemas agrícolas. Además de su papel fisiológico, el insumo de nutrientes y las pérdidas del sistema a través de la lixiviación y la erosión. Se ingresa a un agro - ecosistema como escorrentía superficial y aguas de regadío, se pierde por evapotranspiración y drenaje más allá de la zona afectada de las raíces de las plantas. El agua consumida por las personas y el ganado puede ser importante como en los sistemas pastoriles pero por lo general es de pequeña magnitud. Dueñas, R. (2007)

Según Norman, M.(1979), Briggs y Courtney (1985), todos estos factores quedan afectados por las condiciones del suelo y de la vegetación, y por lo tanto las condiciones agrícolas. El drenaje agrícola y la labranza, por ejemplo aceleran las pérdidas por percolación profunda. El retiro de los cultivos incrementa la cantidad de lluvia que llega al suelo y reduce así la evapotranspiración, cambios en la estructura del suelo debido al manejo de los residuos de la labranza, la rotación de cultivos o el uso del estiércol, afecta las tasas de percolación, la evapotranspiración y el flujo lateral.

La cubierta de los cultivos ejerce uno de los controles principales de la cantidad de humedad del suelo dado que influye tanto en los insumos como en las pérdidas de humedad. Por ejemplo, el desyerbe reduce las pérdidas de agua por evapotranspiración e incrementa el contenido de humedad del suelo.

#### **1.4.1 Sistemas agrícolas sustentables. Estabilidad de los sistemas agrícolas.**

Conway (1985), 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; define estos indicadores como sigue:

- ✓ *La sostenibilidad:* Se refiere a la capacidad de un agro - ecosistema para mantener la producción a lo largo del tiempo, frente a los constreñimientos ecológicos y las presiones socioeconómicas de largo plazo.
- ✓ *La equidad:* Es una medida de cuán equilibrada se encuentra la distribución de los productos del agro - ecosistema entre los productos locales y los consumidores. Sin embargo, ella es mucho más que tan solo un asunto de ingresos adecuados, una buena nutrición o una cantidad satisfactoria de ocio, Bayliss – Smith (2000). Para algunos, la equidad se logra cuando un agro - ecosistema satisface demandas razonables de alimentos sin que se den incrementos en el costo de la producción. Para otros, ella se alcanza cuando se mejora la distribución de oportunidades o de ingresos dentro de las comunidades productoras (Douglass, 1984)
- ✓ *La estabilidad:* Es la constancia de la producción bajo un conjunto de condiciones ambientales, económicas y administrativas (Conway, 1985). Algunas presiones ecológicas, como el clima, son constreñimientos rígidos en tanto el agricultor virtualmente no puede modificarlas. En otros casos, pueden mejorar la estabilidad biológica del sistema escogiendo cultivos más apropiados o desarrollando métodos de cultivo que mejoren los rendimientos. La tierra puede ser irrigada, aplicársele mulches (cubierta inerte) abonada o rotada, o los cultivos pudieran ser producidos en mezclas para mejorar la resistencia del sistema el agricultor.

Harwood (1997), refiere que el agricultor puede complementar el trabajo familiar ya sea con animales o con máquinas, o al emplear el trabajo de otras personas. De este modo, la respuesta exacta depende de factores sociales así como del

medio ambiente. Por este motivo, el concepto de estabilidad debe ser ampliado para incorporar consideraciones socio-económicas y administrativas. Es en este sentido que define tres fuentes de estabilidad:

- ✓ *La estabilidad administrativa:* Se deriva de la selección de un conjunto de tecnologías mejor adaptadas a las necesidades y a los recursos de los granjeros. En un principio la tecnología industrial generalmente incrementa el rendimiento al dejarse menos y menos tierra en barbecho y al evitarse las limitaciones del suelo, el agua y el tipo biótico. Pero siempre hay un elemento de inestabilidad asociado a nuevas tecnologías. Los agricultores están muy conscientes de esto y su resistencia al cambio a menudo tiene una base ecológica.
- ✓ *La estabilidad económica:* Está asociada con la posibilidad del agricultor de intercambiar con los precios en el mercado de los insumos y los productos para sostener el ingreso de la granja. Según el grado de complejidad de este conocimiento el agricultor podrá realizar intercambios entre la producción y la estabilidad
- ✓ *La estabilidad cultural:* Depende del mantenimiento de la organización socio cultural y del contexto que ha nutrido el agro - ecosistema durante generaciones. No alcanzar el desarrollo rural cuando se le aísla del contexto social y éste debe encontrarse anclado en las tradiciones locales.
- ✓ *La productividad:* Es una medida cuantitativa de la tasa del monto de la producción por unidad de tierra o de insumo. En términos ecológicos, la producción se refiere al monto del rendimiento o del producto final, y la productividad es el proceso seguido para alcanzar ese producto final. Los granjeros pequeños usualmente están más interesados en optimizar la productividad de los escasos recursos de la granja, que en incrementar la productividad de la tierra o en la mano de obra. Además ellos escogen una tecnología particular de producción sobre la base de decisiones tomadas para todo sistema agrícola y no sólo para una planta en especial (Harwdwood 1979). El rendimiento por unidad de superficie puede ser un

indicador de la tasa y constancia de producción, pero también puede ser expresada en otras formas, como por unidad de insumo de trabajo, por unidad de inversión de dinero, o como tasas de eficiencia energética. Cuando los patrones de producción son analizados empleando tasas de energía, se hace evidente que los sistemas tradicionales son bastante más eficientes en su uso energético, que los agro - ecosistemas modernos (Pimentel 1979).

Hecht, Susana (2007), plantea que un sistema agrícola difiere en varios aspectos fundamentales de un sistema ecológico "natural" tanto en su estructura como en su función. Los agroecosistemas son ecosistemas semi-domesticados que se ubican en un gradiente entre una serie de ecosistemas que han sufrido un mínimo de impacto humano, como es el caso de las ciudades. Esta autora cita a Odum (1984), el cual describe cuatro características principales de los agroecosistemas:

- Los agroecosistemas requieren fuentes auxiliares de energía, que pueden ser humana, animal y a combustible para aumentar la productividad de organismos específicos.
- La diversidad puede ser muy reducida en comparación con la de otros ecosistemas.
- Los animales y plantas que dominan son seleccionados artificialmente y no por selección natural.
- Los controles del sistema son, en su mayoría, externos y no internos ya que se ejercen por medio de retroalimentación del subsistema.

Asimismo, plantea que los científicos agrícolas convencionales han estado preocupados principalmente con el efecto de las prácticas de uso de la tierra y de manejo de los animales o la vegetación en la productividad de un cultivo dado, usando una perspectiva que enfatiza un problema objetivo, como es el de los nutrientes del suelo o los brotes de plagas. Esta forma de enfocar sistemas agrícolas ha sido determinada en parte por un diálogo limitado entre diferentes disciplinas, por la estructura de la investigación científica, la que tiende a atomizar

problemas de investigación, y por un enfoque de la agricultura orientado a lograr un producto. No cabe duda que la investigación agrícola basada en este enfoque ha tenido éxito e incrementar el rendimiento en situaciones agroecológicamente favorables.

La investigación agroecológica se concentra en asuntos puntuales del área de la agricultura, pero dentro de un contexto más amplio que incluye variables ecológicas y sociales. En muchos casos, las premisas sobre el propósito de un sistema agrícola difieren del enfoque que enfatiza la maximización del rendimiento y la producción, expuesto por la mayoría de los científicos agrícolas.

Según Suplemento Especial de Universidad para Todos, (2007), el consumo sustentable implica: equidad en el consumo, cambio en los patrones de producción, consumir para satisfacer las necesidades espirituales y materiales que garanticen una adecuada calidad de vida, desvincular la calidad de vida con consumo desmedido de productos y servicios, formación de valores y cambio de actitud, responsabilidad social, colectiva e individual, conocimientos científicos y técnicos e información al público. Significa consumir de una manera diferente, de una forma consciente, con mayor información y menor uso de recursos, con el objetivo de satisfacer las necesidades básicas de la vida y las aspiraciones de mejora de todos los integrantes de las generaciones presentes y futuras, al mismo tiempo que se logra reducir el impacto ambiental y el riesgo a la salud humana, a través de la utilización de bienes y servicios más eficientes y menos contaminantes.

#### **1.4.2 Ordenación y medio ambiente. Evaluación de riesgos.**

La adaptación a la variabilidad climática constituye un elemento esencial en el mantenimiento de los sistemas agrícolas. Por su uso cada día se afianza más la idea de que la mejor manera de afrontar un cambio climático antropogénico pasa por desarrollar mecanismos adaptativos frente a la variabilidad climática actual. (Smit, 2000). Esta adaptación alude al conjunto de acciones adoptadas para minimizar el impacto de variaciones o perturbaciones climáticas, de manera que los sistemas agrarios potencialmente afectados mantengan su viabilidad.

Los mecanismos adoptados frente a sucesos potencialmente catastróficos, entre ellos los de origen climático, pueden agruparse en seis categorías según (Burton *et al.*, 1993; Smit, 1993): tolerancia, reparto de riesgo, actuaciones sobre agente, prevención, reconversión, rehabilitación.

Foran y Stafford Smith (1991), plantean que la tolerancia incluye estrategias que tratan de absorber los efectos de sucesos sin pretender evitarlos directamente. Este tipo de medidas tiene una aplicación limitada, ya que sólo son efectivas en un determinado rango de impactos, sin embargo, constituye un elemento adaptativo de primer orden a escala local o de unidad de gestión. Por ejemplo, constitución de reservas en épocas de clima favorable, para hacer frente a las desfavorables; o de estrategia tolerante lo encontramos en la adecuación del nivel de intensificación de la variabilidad climática de manera que el balance entre años favorables y desfavorables optimice la rentabilidad.

*Reparto del riesgo:* Estas estrategias se basan en sistemas para distribuir y compartir los riesgos y efectos adversos de los impactos climáticos, entre un colectivo más amplio que el directamente afectado con la perturbación. Las distintas formas de seguro constituyen un ejemplo de este tipo de adaptación. Importa señalar que si bien la distribución de los riesgos es la estrategia más común frente a la variabilidad climática presenta aspectos negativos de importancia. Por una parte, a largo plazo, su coste es mayor que el de otro tipo de medidas. Por otra parte con frecuencia favorece el mantenimiento de opciones mal adaptadas y no sostenibles, de modo que en último término, pueden acabar comprometiendo la estabilidad y la vulnerabilidad de los sistemas agrarios implicados.

Wautiez, F.; Reyes; B. (2001). Coinciden en la necesidad de indicadores para la sustentabilidad, lo cual surge de la incapacidad de los indicadores convencionales de dar cuenta de los fenómenos, problemas o procesos en sus múltiples dimensiones, económicas, sociales, ambientales e institucionales. Un indicador convencional como por ejemplo, la tasa de crecimiento económico, sólo muestra en cuánto hemos crecido entre un año y otro, pero no considera los costos sociales y ambientales de este crecimiento. Sin embargo los indicadores de

Desarrollo Sostenible (DS) son vinculantes: los indicadores de sustentabilidad vinculan los distintos aspectos de la sustentabilidad. Pero más importante aún, 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.

La ordenación del territorio debe ser preventiva, antes que correctiva, armonizando conservación y desarrollo, en la medida de lo posible. Desde este punto se concibe la Ordenación Territorial como una Planificación Integral (Marsh, 1991). 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) (Golley, 1991). En fin, es el aprovechamiento sostenido de los recursos, de acuerdo con la capacidad de los agro - ecosistemas (González, 1975).

Se requiere potenciar, el desarrollo de las capacidades locales para la búsqueda de soluciones científico - tecnológicas a las prioridades del territorio (Lassey, 1977), 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 (Brunet, 1997).

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. Estudios realizados por Christian (1958) y en (1961) Hills 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 micro-relieve. 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.

**Enfoques de relación e interrelación del agua, como recurso estratégico y su relación con los otros recursos en el manejo de cuencas:**

Según colectivo de autores (2001) Capacitación de SIG Manejo de Cuencas, cuando el agua es el centro de la planificación y manejo allí adquiere predominio del concepto de calidad y cantidad de agua y depende de cómo funciona y se maneja el sistema hídrico se da origen al “*Manejo de Cuencas*”. Cuando los recursos naturales constituyen el centro de la planificación y manejo pero se mantiene el recurso hídrico como elemento integrador en la cuenca se da origen al “*Manejo Sostenible de Cuencas*”. 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 da origen al “*Manejo Integral de Cuencas*”.

**1.5 Requerimientos climáticos de los cultivos.**

Según reportes realizados por la FAO (1999) en estudios del efecto del agua sobre los rendimientos de los cultivos .el comportamiento ante las variables temperatura óptima, media y mínima y las necesidades hídricas de los cultivos es el siguiente:

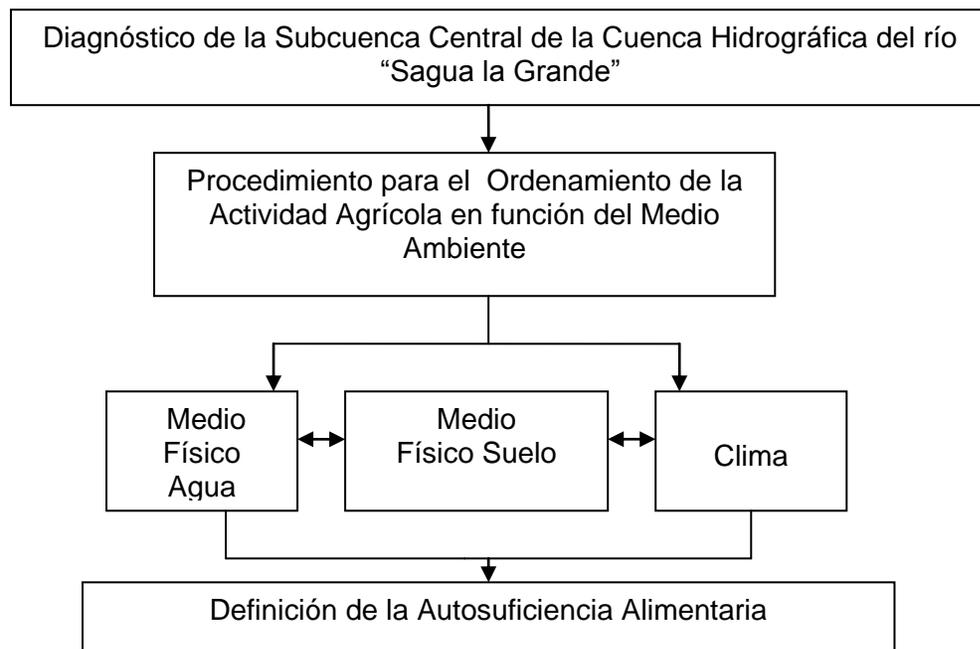
<b>Tabla 1.1 Temperaturas Óptimas, Máximas y Necesidades y Necesidades de agua de los cultivos fundamentales.[Fuente: FAO, 1999]</b>				
Cultivo	Temperatura Optima	Temperatura Mínima	Temperatura Máxima	Necesidades Totales de Agua
Platano ( <i>Musa sp</i> )	27	8	38	1200 – 2200
Cítricos	25 – 30	13	38	900 – 1200
Piña ( <i>Ananas comosus</i> )	20 – 30	20	30	700 – 1000

Caña de Azúcar ( <i>Saccharum officinarum</i> )	22 – 30	20	36	1500 – 2500
Frijol ( <i>Phaseolus vulgaris</i> )	15 – 20	10	27	300 – 500
Tomate ( <i>Lycopersicon sculentum</i> )	18 – 25	8	30	400 – 600
Col ( <i>Brassica oleracea</i> )	17	10	24	300 - 500
Sorgo ( <i>Sorghum alepense</i> )	17	10	38	450 – 700
Soya ( <i>Glycine max</i> )	25	10	30	500 – 800
Maiz ( <i>Zea mays</i> )	18 – 21	9 – 10	32	500 – 900
Girasol ( <i>Heliantus annuus</i> )	18 – 25	10	30	600 – 1000

## 2. MATERIALES Y METODOS.

### 2.1 Introducción.

El trabajo fue realizado mediante la recopilación, análisis y síntesis de la información actualizada existente en el territorio de la Subcuenca Central de la Cuenca Hidrográfica del Río “Sagua la Grande”. Se efectuó un diagnóstico, para describir las características básicas de la zona en estudio, que permitió identificar los factores limitantes de la actividad productiva, económica y social, así como considerar las posibles mejoras en el desarrollo agrícola en función del medio ambiente, para ello se siguió el esquema de trabajo que se muestra en la Figura 2.1. El mismo tuvo en cuenta el estudio de los medios físicos (agua – suelo) y el clima, además del análisis de la autosuficiencia alimentaria en correspondencia con la población existente.



**Figura 2.1: Esquema general utilizado para el desarrollo de la investigación.**  
**[Fuente Elaboración Propia]**

## **2.2 Diagnóstico del territorio de la sub – cuenca.**

En el diagnóstico se realizó la evaluación del estado de la subcuenca a través de la “Guía de diagnóstico medio ambiental de las cuencas hidrográficas de la República de Cuba”, analizándose los aspectos siguientes:

- Clasificación.
- Situación geográfica.
- Caracterización físico - geográfica.
- Caracterización socio – cultural.
- Caracterización de las principales actividades productivas.

El criterio utilizado para la clasificación de la sub cuenca fue el planteado por Gómez X. y Puerto I. H.; (2001). La clasificación de la Subcuenca según su

uso, vocación y potencialidades se realizó teniendo en cuenta lo referido por (Faustino 1997), Mc Cammon (1994). Figura 2.2.

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). y “El diagnóstico y estudio de los medios físicos (agua – suelo) y el clima para el manejo sostenible de la subcuenca central del río “Sagua la Grande”, Pino F. Yulexis (2003). 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.



**Figura: 2.2 Potencialidades y problemática de las cuencas hidrográficas, según su uso. Vocación. [Fuente: Faustino et al (1997)]**

Para la caracterización física - geográfica se realizó un análisis de la información del clima, relieve, hidrología, suelos, utilizando como método la revisión de datos primarios y secundarios del área en estudio, reflejados en los documentos rectores de los sectores que se encuentran en la sub - cuenca:

- Mapa de la zona de explotación hidráulica del municipio de Santo Domingo.
- Registros de hidrología superficial y redes hidrométricas, de la zona de explotación hidráulica del municipio de Santo Domingo.
- Registro de suelos Empresa Nacional de Proyectos Agropecuarios.

Se estudiaron los siguientes elementos:

*Agua*

- Disponibilidad de agua subterránea.
- Disponibilidad de agua superficial. Procedente de embalses (Presas, micro-presas y mini-presas) acuíferos y agua no regulada.
- Análisis de la disponibilidad con relación a la 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 subcuenca.
- Balance hídrico de la subcuenca.
- Zonas de inundación habitacional y agrícolas.

*Suelos*

- Contornos de los diferentes tipos de suelo digitalizado.
- Evaluación de aptitud y uso de todas las tierras, para los cultivos.
- Ordenamiento de los cultivos. Evaluar y seleccionar los suelos más apropiados para diferentes tipos de utilización (viandas, granos, hortalizas, frutales, pastos y forestales).

La caracterización socio – cultural se realizó utilizando los datos primarios existentes en el Censo de Población y Viviendas (2000), de la dirección municipal de estadística.

Para caracterizar las principales actividades productivas se utilizaron: los datos primarios, secundarios y entrevistas con funcionarios públicos del territorio de la subcuenca. Los principales documentos utilizados fueron:

- Registro de tenencia de tierra GEOCUBA Santo Domingo.
- Registros de series históricas de la actividad agrícola, pecuaria y forestal.

Los problemas ambientales se identificaron a través de la revisión de datos primarios resúmenes de la actividad de CITMA en el municipio de Santo Domingo desde el año 2000 – 2006, entrevistas con especialistas de CITMA y el Registro de los focos contaminantes de la provincia de Villa Clara. Delegación de medio ambiente CITMA Villa Clara.

El procedimiento empleado para el ordenamiento de la actividad agrícola en función del medio ambiente se diseñó basado en los resultados del diagnóstico, para considerar las posibles mejoras en las prácticas agrícolas.

El territorio de la subcuenca central fue delimitado mediante los parte aguas existentes, utilizando el mapa 1: 25000.

Para definir los factores que afectan el desarrollo de la subcuenca se aplicó un método de expertos válido, dado con el uso del coeficiente de Kendall.

*Selección de factores y niveles para el diseño*

Para determinar, seleccionar y validar los factores se utilizan las ecuaciones que se muestran en las Tablas 2.1 y 2.2, definiéndose que para calcular el número de expertos se utiliza una proporción estimada de error  $p = 0.01$ , un nivel de precisión  $i = 0.04$  y una constante  $K = 6.6564$ , determinándose que el número de expertos  $n$  es igual a seis ( $n=6$ )

<b><i>Tabla 2.1: Ecuaciones para el cálculo del coeficiente de Kendall</i></b>	
$\sum R_j / n$ (1)	$S = (R_j - \sum R_j / n)^2$ (3)
$(R_j - \sum R_j / n)^2$ (2)	$W = S / \frac{1}{2} k^2 (N^3 - N)$ (4)

**Simbología**

W: Coeficientes de Kendall  
 N: Número de factores  
 K: Número de expertos

***Prueba de significación***

<b>Para muestras grandes <math>K &gt; 7</math></b>	<b>Para muestras pequeñas <math>K \leq 7</math></b>
$\chi^2 = K (N - 1) W$	$S = (R_j - \sum R_j / n)^2$

$$R c: X^2 > X^2_{\alpha-1}$$

$$R c: S > S_{\text{tabulada}}$$

H<sub>0</sub>: Se rechaza el criterio de los expertos

H<sub>1</sub>: Se acepta el criterio de los expertos

**Tabla 2.2. Ecuación para el cálculo de número**

$n = \frac{p(1-p)^k}{i^2}$	$n = \frac{N(l^2/k) + N(p-N)p^2}{N(l^2/k) + p - p^2}$
----------------------------	---

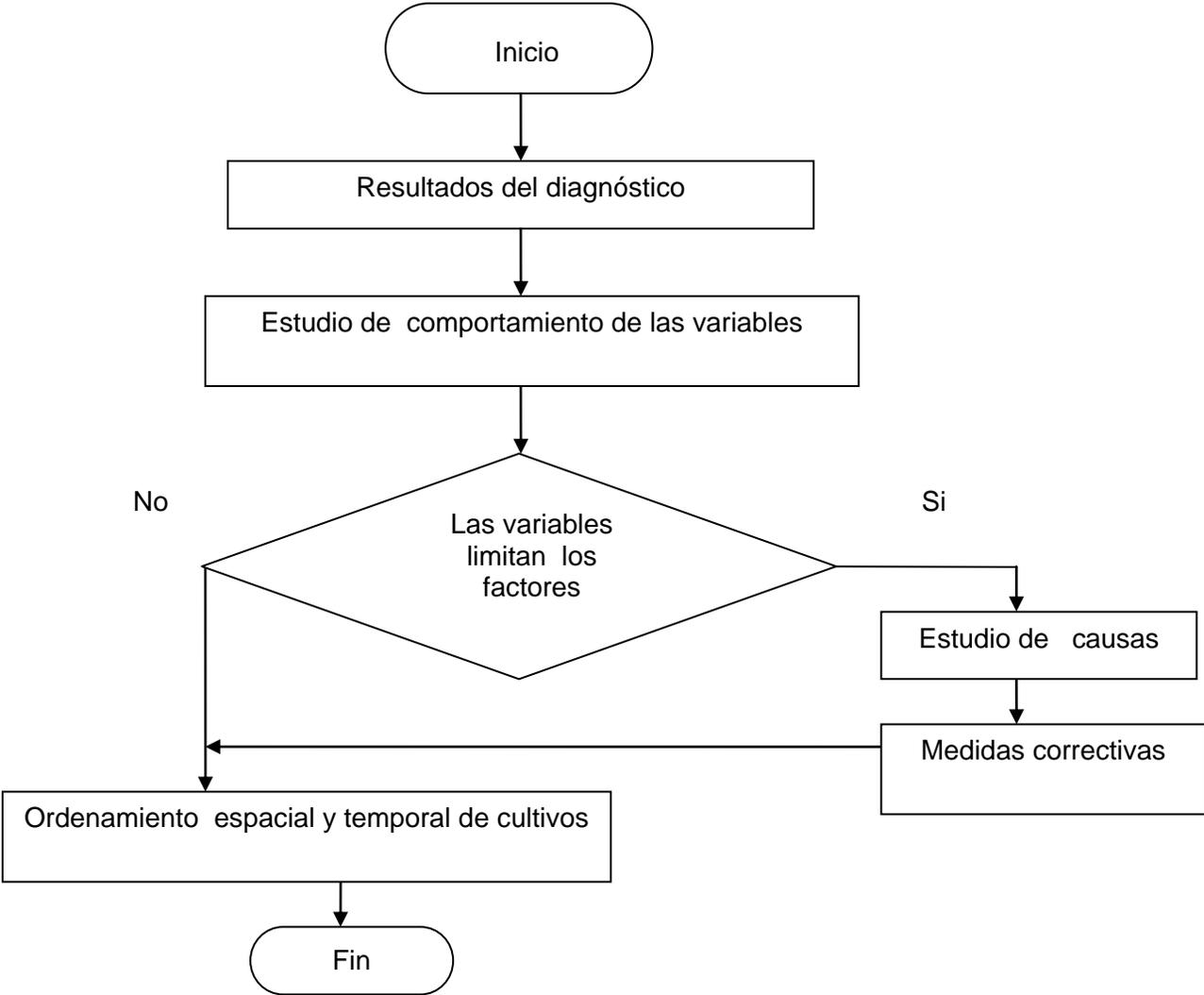
**Simbología**

i: nivel de precisión deseado  
 p: proporción estimada de error  
 k: constante cuyo valor esta asociado al nivel de confianza elegido

**Valores de K**

(1- α)	K
99	6.6564
95	3.8416
90	2.6896

**2.3 Procedimiento para el ordenamiento de la actividad agrícola**



**Figura 2.3 Procedimiento para el ordenamiento de la actividad agrícola.**

Para el estudio del comportamiento de las variables se tuvo en cuenta un análisis minucioso de los medio físicos (suelo – agua) y el clima en función del medio ambiente, lo que permitió tener los elementos de juicio necesarios para lograr un ordenamiento de los agroecosistemas, como se refleja en la Figura 2.3.

La información de los recursos hídricos fue suministrada por la zona de explotación de recursos hidráulicos de Santo Domingo de la empresa provincial de “Aprovechamiento Hidráulico de Villa Clara”, (2005 – 2006). Los datos del volumen de agua superficial no regulada fueron extraídos del estudio del escurrimiento del río “Sagua la Grande” de 1980 –1990 realizado por la zona de explotación de recursos hidráulicos de Santo Domingo.

La cantidad de agua por habitantes se calculó según la “Demanda per cápita de agua” (l/día) de la población, establecida por el departamento de normas de proyecto del Instituto de Hidroeconomía año 1981 norma 53- 91- 83. Tabla 2.3

<b>Tabla 2.3. Demanda per cápita de agua (l/día) de la población</b>						
Tamaño de la población en miles de	Distribución de la demanda en litros personas / días					
	Consumo doméstico	Uso comercial	Uso público	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 determinando los volúmenes de agua subterránea, superficial y la captación directa de los ríos, clasificando por Pérez Franco (2002) según los indicadores de disponibilidad potencial de recursos hídricos por región. Tabla.2.4

Tabla 2.4 Indicadores de disponibilidad potencial de recursos hídricos por región. Pérez Franco (2002).

Escala	Clasificación
Menor 1000 m <sup>3</sup>	Catastróficamente Bajo
Menor 2000 m <sup>3</sup>	Muy Bajo
Menor 5000 m <sup>3</sup>	De bajo Nivel
Mayor 5000 m <sup>3</sup>	Satisfactorio

**[Fuente: Revista Voluntad Hidráulica (2006) ]**

En el cálculo del volumen de agua necesaria para el riego de los cultivos, se emplearon las ecuaciones del balance hídrico  $Mt = Et - Pa$  para calcular la norma total y  $V = Mt \cdot A$ . La eficiencia adoptada fue del 60 %. Fuente folleto de aplicaciones prácticas del riego (1974).

La eficiencia adoptada fue del 60 %

Donde:

Mt = norma neta total de riego (m<sup>3</sup>/ha)

V = volumen (m<sup>3</sup>)

A = área a regar (ha)

Pa = precipitación aprovechable o efectiva (mm)

El índice de sequía se calculó mediante la ecuación  $y = 12 \cdot LL / T + 10$  (Matov, 1974)

Donde:

Y = índice de sequía

LL = lluvia promedio mensual (mm)

T = temperatura promedio mensual (°C)

El suelo se estudió mediante la información suministrada por el Laboratorio Provincial de Suelos del MINAGRI en Villa Clara. La agro-productividad de los mismos se evalúa mediante el sistema AGRO 24 (2005) y según Pérez, (2002). Atendiendo a las categorías establecidas, la descripción evaluativa del suelo en cuestión y sus principales factores limitantes.

El análisis de los mapas de suelos y recursos hídricos, se realizó de forma digitalizada utilizando las bases de datos alfanuméricas de los datos puntuales y por regiones (campos) y la base de datos gráfica la constituyó el mapa de contorno y campificación de suelos y agua a escala 1: 25000 siendo utilizado como software MAPINFO versión 8.0.

El clima se estudió mediante la serie histórica de los 25 últimos años de la estación climatológica del INIVIT perteneciente al Centro Meteorológico Provincial de CITMA Villa Clara. (1980 – 2006).

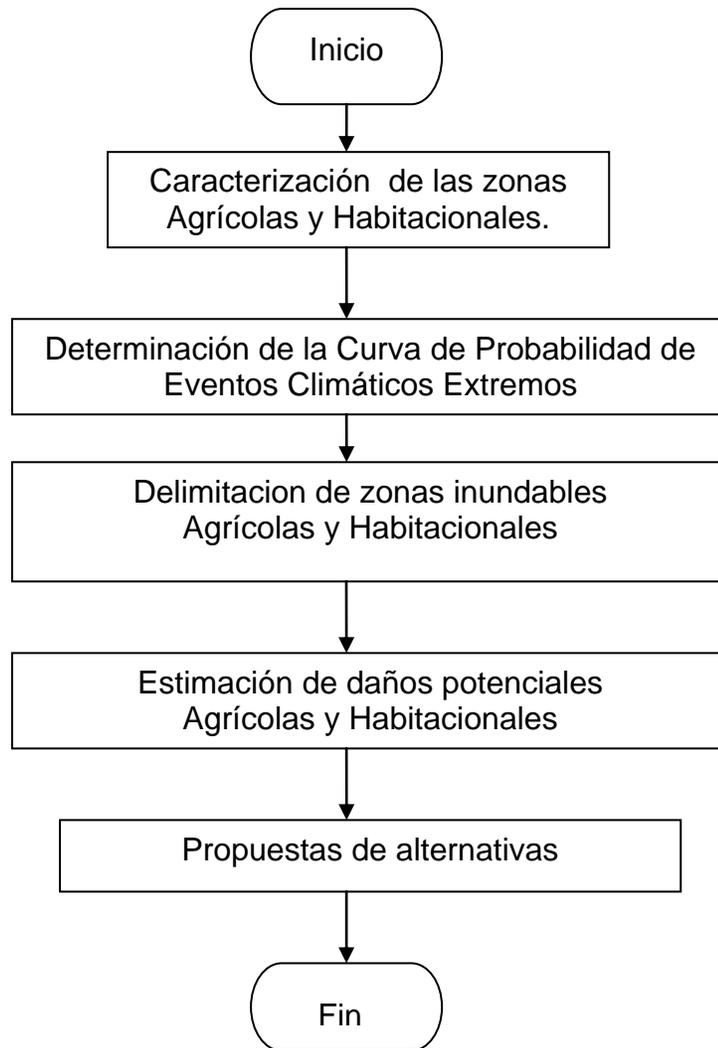
Los elementos del clima fueron interrelacionados utilizando el análisis de sistemas (Belot, 1997-98; Steinitz, 1968), como técnica de apoyo en la interpretación correcta del diagnóstico y para la propuesta de objetivos coherentes. Los gráficos se confeccionaron por la aplicación Excel.

Para determinar si las condiciones climáticas del agroecosistema son las adecuadas se procedió a la elaboración del climatograma y los fitoclimatogramas, basados en la campaña de frío y primavera, para observar la concordancia o no con los parámetros exigidos por los cultivos y los existentes en el agroecosistema.

## **2.4 Caracterización de las zonas habitacionales y agrícolas.**

El diseño y evaluación de los daños económicos provocados por inundaciones en zonas habitacionales y agrícolas se realizó tomando como referencia la metodología establecida por Baró et al. (2007), de la Universidad Autónoma de México; modificada para las condiciones de Cuba mediante el procedimiento representado por la Figura 2.4.

Se definieron las zonas potencialmente inundables en el área de estudio y se tomó como base la información de la Defensa Civil Municipal, sobre la evaluación del riesgo de inundación; se definieron las planicies de inundación, así como la extensión de estas áreas inundables y su localización, para lo cual se empleó, el mapa de uso de suelo correspondiente al año 2007.



**Figura 2.4. Procedimiento para el diseño y evaluación de los daños económicos provocados por inundaciones en zonas habitacionales y agrícolas. [Fuente: Adaptado de Baró et al. (2007)]**

Posteriormente se procedió a su caracterización, determinándose en primer lugar el uso de suelo afectado para comprobar a que por ciento se encontraban las áreas inundables (zonas agrícolas y habitacionales); evaluando el tipo de afectación agrícola, así como el tipo, número de viviendas y el valor de los bienes afectados.

La determinación de los posibles eventos climáticos se realizó utilizando los valores de las precipitaciones para la prevención de pérdidas económicas en los ecosistemas a través de la curva de probabilidad para eventos climáticos.

Fueron estimados los daños potenciales agrícolas y habitacionales, así como la estimación del valor de los bienes, en correspondencia con la altura de la lámina de agua.

Además fueron analizados:

- Los peligros enfocados de forma productiva y social.
- El análisis de vulnerabilidad para estimar la extensión y severidad de los daños, así como la magnitud de las pérdidas.
- Análisis de daños que implica el costo de las pérdidas.

Además se realizó un análisis que permitió evaluar los daños tangibles (pérdidas producidas por contacto físico con el agua), basado en la curva de daños, la cual describe la relación entre la lluvia caída y la profundidad de la inundación (altura de la lámina de agua).

Teniendo en cuenta la estimación de los daños potenciales agrícolas y habitacionales de las inundaciones, se valoró la magnitud de los mismos.

El modelo de evaluación empleado es el desarrollado por 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.

Para delimitar las zonas A, B y C se tuvieron en cuenta los datos registrados por planificación física del Municipio de Santo Domingo, acerca de las zonas proclives o propensas a inundaciones durante los últimos 10 años.

#### *Sistema de información geográfica*

Se digitalizaron los mapas topográficos y catastrales del territorio escala 1:25 000 y 1:10 000 utilizando el SIG MAPINFO (Versión 8.0), donde se obtuvieron las bases de datos digitales almacenadas en las diferentes capas temáticas. Además

se digitalizaron las curvas de nivel, lo que permitió la confección del modelo 3d del área en estudio

La conjugación de las informaciones espaciales y temáticas implementadas en el SIG permitió generar los diferentes escenarios (mapas temáticos) de gran utilidad en el proceso de toma de decisiones.

## 2.5 Ordenamiento de Cultivos

*Los principios que se tuvieron en cuenta para el ordenamiento de los cultivos en el área en estudio fueron los siguientes:*

Para determinar la autosuficiencia alimentaria de la población de la subcuenca, se empleó la metodología de la FAO (1993), a través del ordenamiento de la actividad agrícola, utilizando los criterios establecidos en la distribución temporal y espacial de los cultivos, evaluando factores tales como: la duración del período de crecimiento del cultivo, evaluación de diversos eco-tipos de cultivos en cuanto a días necesarios para la maduración, considerando la aptitud, la productividad potencial, la consecución agrícola de los cultivos en dependencia de las propiedades del suelo y de cómo éste se maneja y las limitaciones impuestas por el relieve o por otros factores de la superficie territorial, como por ejemplo susceptibilidad a las inundaciones.

- Distribución espacial de los diferentes cultivos en el territorio.
- Monitoreo de las tendencias de las soluciones planteadas.
- Propuesta de distribución en el uso de la tierra agrotecnia idónea para los cultivos.
- Análisis económico de las propuestas realizadas.

Los cultivos fueron distribuido, desarrollando las técnicas de policultivo y rotaciones adecuadas, teniendo en consideración las épocas de siembra, la disponibilidad de agua y sistemas de riego, con el objetivo de lograr un uso más racional del suelo y que el índice equivalente de la misma (IET) en todas las variantes propuestas sea superior a 1, para proporcionar un incremento de los rendimientos por hectáreas.

En el diseño de la agrotecnia de los cultivos fueron empleados las metodologías, instructivos técnicos y normas ramales, establecidos en el país.

## 2.6 Definición de la autosuficiencia alimentaria

Se utilizó la media de las normas *per-capitas* de alimentación establecidas por la Organización Mundial de la Salud y la FAO, las guías alimenticias del “Ministerio de Salud Pública de la República de Cuba” y el “Instituto de Higiene de los Alimentos” del MINSAP.

## **3. RESULTADOS Y DISCUSION.**

### **3.1 Introducción.**

El trabajo realizado durante el período 2003-2007 en la Subcuenca Central de la Cuenca “Sagua la Grande” permitió llegar a los resultados que se expondrán a continuación con un enfoque de sistema, a través de la descripción de las características básicas de la zona en estudio.

### **3.2 Resultados del Diagnóstico.**

#### **Ubicación:**

La Subcuenca Central de la cuenca hidrográfica del Río Sagua La Grande abarca 391.20 km<sup>2</sup>, limita en las coordenadas N 313.0 – 575 E 313.0 w 314.0 y S 537. – 573 en la cota 180.60 – 00.75 a 8 Km. del Municipio de Ranchuelo al sur-suroeste del ferrocarril central, en el asentamiento de San Andrés. Abarca los poblados de “Manacas”, “El Panqué”, Washington, 26 De Julio, Carlos Baliño, Rodrigo, Amaro, Las Casimbas, La criolla, Yabucito, El Inglés, El Espinal, Jagüey,

Los Marcelos, Delicias, El Colorado, Bermejil, Las Nieves, El Cerrito, San Juan y San Francisco, agrupados en 7 Consejos Populares que rigen su actividad socio-económica.

### **Clasificación:**

Teniendo en cuenta la clasificación de las cuencas hidrográficas realizada por Gómez X., Puerto I. H.; (2001) el área estudiada se clasifica como una subcuenca agrícola según su uso y vocación, por presentar escurrimientos superficiales de corrientes mayores que fluyen hacia el río principal de la cuenca fluvial, encontrándose en el orden de 4 a 5 afluentes y por las potencialidades y problemáticas de la misma.

#### *Caracterización Físico Geográfica*

### **Clima.**

El clima, según Koeppen modificada citado por Dueñas, R. (2000), se clasifica como tropical lluvioso con veranos de relativa humedad. Se destacó la ocurrencia de eventos climáticos extremos, tales como: tormentas locales e inundaciones que constituyen un riesgo natural implicando altos costos económicos, fenómeno que tiene un carácter aleatorio y por tanto incontrolable por su componente hidráulico, lo que requiere de un estudio para atenuar sus efectos. .

#### *Relieve*

La Subcuenca cuenta con un relieve variable, caracterizado por tener llanuras típicas, destacándose al norte la presencia de la auténtica llanura “Manacas” con áreas mal drenadas y con pocas elevaciones.

### **Hidrología:**

Está conformado por los ríos San Antonio, Monasterio, Marcelo, Arenas, Novo, Tranca, La Piedra y Manacal, desarrollándose alrededor de ellos las actividades Agrícolas, Pecuarias y los asentamientos poblacionales. Cuenta con 3 tramos y 1 bloque hidrogeológico, con 8 micropresas, 55 redes alternativas, correspondientes al MINAZ, INVIT, CPD AGROFAR, 6 puntos pluviométricos y posee fuentes de agua superficial y subterránea para el desarrollo de las diferentes actividades productivas.

#### *Suelos:*

Se pudieron encontrar diferentes tipos de suelos tales como: Pardos con carbonatos, Pardos sin carbonatos, Ferralíticos rojos, entre otros, mostrándose la no correspondencia de las características de los mismos con la distribución espacial de los cultivos, dificultad que demanda de un análisis minucioso dada su importancia. .

#### *Caracterización Sociocultural.*

Se constató una población de 39607 habitantes para una densidad poblacional de 61 habitantes por km<sup>2</sup>, así como 17 636 viviendas con un índice de población de 3,04 habitantes por vivienda y una densidad de 20 por kilómetro cuadrado.

- Urbanos ----- 3 (Santo Domingo y Manacas)
- Rurales Urbanizados ----- 5
- Rurales > 200 habitantes. -----7

- Rurales < 200 habitantes. ----- 5
- Viviendas aisladas -----9,5 % (2033 viviendas).

La Sub - cuenca abarca 20 poblados, agrupados en 7 Consejos Populares con 39607 personas distribuidos de la forma siguiente: Manacas 8478 personas, Santo Domingo se divide en 2 Consejos Populares: La Palma 9517 personas y El Jardín 7204 personas, Washington con 4046 personas, 26 de "Julio" 4356 personas, Carlos Baliño 2848 personas y Rodrigo / Amaro 3158 personas.

#### *Relación Población - Empleos*

Los empleos con respecto a la población en lo referente a la actividad agrícola, reflejaron que no existe correspondencia entre la localización de la población y el empleo, distribuyéndose en 4 zonas coincidiendo con lo planteado por Pino Franco Yulexis. (2003).

- Zona I: existen empleos pero no hay población para cubrirlos. (la más crítica).
- Zona II: Existe población pero se manifiesta déficit de fuerza de trabajo, porque los residentes no ocupan esos empleos.
- Zona III: No hay población pero además no es necesario que exista porque no hay empleo.
- Zona IV: Existe población pero la base económica actual no proporciona suficiente empleos.

#### **Comportamiento de la actividad productiva**

Los principales sectores productivos de la Subcuenca están distribuidos de la siguiente forma: 3 Empresas Agropecuarias Azucareras, 1 Empresa Pecuaria, INIVIT, CPD - AGROFAR, Granjas Avícolas y el sector no estatal: CPA, CCS, campesinos dispersos.

El área total es de 35054.99 ha agrícolas; cultivándose sólo el 48.9% y de ellas el 73.37% están dedicadas a cultivos permanentes, el resto (26,63%), pertenece a cultivos temporales, sólo el 4% de la superficie cultivable se encuentra bajo riego. La superficie no cultivada es del 51.06%, empleada para pasto natural, el resto es ociosa, ocupando el 40.68%. Los rendimientos agrícolas en general se comportaron con una tendencia a la disminución, ya que no se tienen en

cuenta las características morfológicas y limitaciones de los suelos en la planificación de los cultivos. La producción total anual es de 9 789t de viandas, granos, hortalizas y frutas; lo cual no satisface las necesidades alimenticias de la población de la subcuenca.

## Principales factores que determinan el comportamiento de la actividad productiva, económica y social de la subcuenca.

**Factor A:** No se tienen en cuenta las características edafológicas de los suelos en la planificación de los cultivos.

**Factor B:** Los rendimientos agrícolas en general se comportan con una tendencia a la disminución.

**Factor C:** Sólo el 4% de la superficie cultivable se encuentra bajo riego, a pesar de existir agua subterránea y superficial.

**Factor D:** Se destaca la ocurrencia de eventos climáticos extremos. (Riesgo natural que ha implicado altos costos económicos)

**Factor E:** La producción total anual es de 9 789 t de viandas, granos hortalizas y frutas la cual no satisface las necesidades alimenticias de la población en la subcuenca.

**Factor F:** No existe correspondencia entre la localización de la población y el empleo

<b>Tabla 9.4 Matriz de localización de las Factores</b>						
X	A	B	C	D	E	F
P 1	5	6	6	4	3	2
E 2	4	5	4	3	2	1
R 3	6	5	4	5	4	4
T 4	5	4	5	4	3	3
O 5	6	3	4	5	4	4
S 6	5	6	5	4	3	4
$\sum R_i/n$	31	29	28	25	19	18

$R_j - \sum R_j / n$	6	4	3	0	- 6	- 7	
$(R_j - \sum R_j / n)^2$	36	16	9	0	36	49	
S							146
W							0.23

A partir de los factores derivados del diagnóstico (Tabla No.3.1), se procede al estudio de las principales variables que intervienen en la actividad agrícola de la subcuenca para realizar su ordenamiento en función del medio ambiente.

3.3 Aplicación del procedimiento para el ordenamiento de la actividad agrícola.

Para realizar el ordenamiento de la actividad agrícola en función del medio ambiente se estudiaron las variables medios físicos (agua – suelo) y el clima, relacionadas a continuación:

- **Estudio del medio físico Agua.**

El estudio del medio físico agua partió de la conformación de las bases alfanuméricas utilizando el SIG Mapinfo 8.0. Fueron analizadas las necesidades hídricas de las actividades productivas y humanas desarrolladas en la subcuenca y su relación con la cantidad de recurso hídrico explotable existente en el área en estudio.

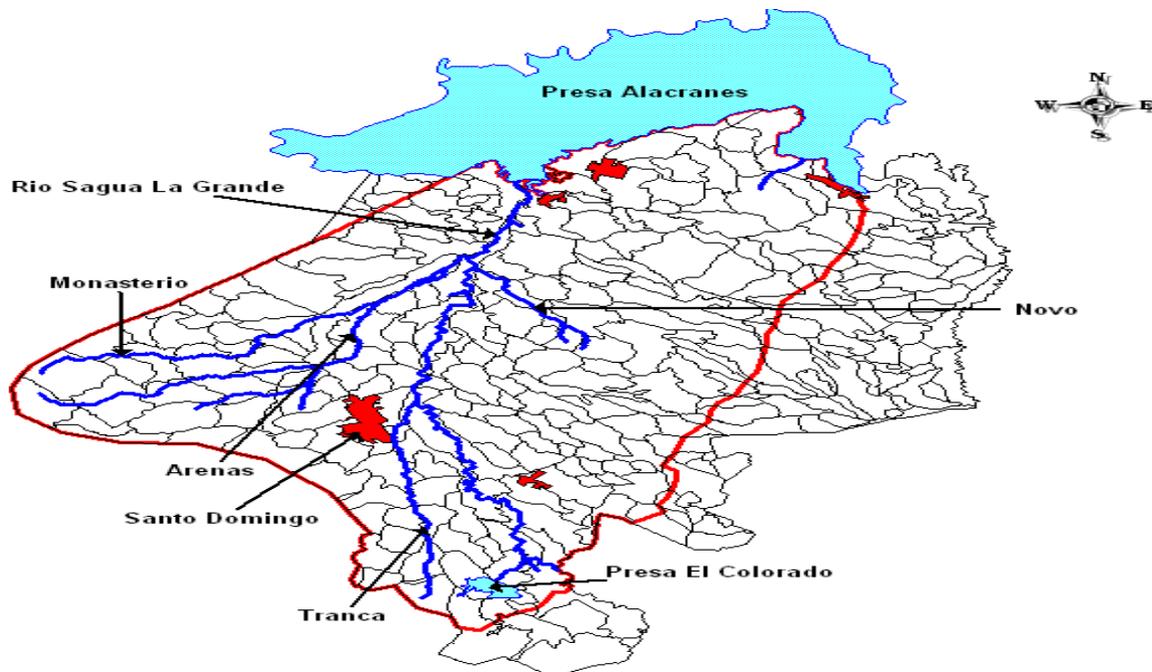


Figura 3.1. Hidrología de la Subcuenca Central de la Cuenca Hidrográfica del Río “Sagua La Grande”

<b>TABLA 3.2 DISTRIBUCIÓN DEL AGUA EN LA SUBCUENCA.</b>		
Distribución	Recurso Explotable (Hm <sup>3</sup> /Año)	Agua Total Rentada (Hm <sup>3</sup> /Año)
Agua Subterránea		
Bloque VC VIII 2 A	15.205	13.23
Tramo VC VII – 3	7.501	5.317
Tramo VC VII – 4	2.950	0.710
Tramo VC VII- 1	20.023	11.71
Total	45.679	30.967
Agua Superficial (Hm <sup>3</sup> /Año)		Agua Total Captada (Hm <sup>3</sup> /Año)
Micropresas y Presas	2.714	3.6
Agua Superficial	150.00	35.191
Total	152.714	38.791
Total Agua Disponible	198.373	69.758

Fuente: Registro de la Zona de Explotación de Recursos Hídricos Santo Domingo (2003).

Como se aprecia en la tabla 3.2. la Subcuenca cuenta con un recurso explotable anual de 198.837 Hm<sup>3</sup>, la actividad agropecuaria consume 39.289 Hm<sup>3</sup>, la Industria alimenticia 0.715 Hm<sup>3</sup>, a la población 29.6 Hm<sup>3</sup> y educación 0.140 Hm<sup>3</sup>, lo que representa el 35.16% del total del agua existente en el ecosistema de la

Subcuenca, demostrando que el agua disponible es superior a la demanda contratada por cada uno de los sectores.

Al analizar las normas internacionales que evalúan la relación (Volumen de agua disponible / Número de habitantes total), en las cuencas hidrográficas, se define que el agua existente en el ecosistema es equivalente a 5020 m<sup>3</sup>/personas/año, clasificándose de satisfactorio; según el indicador de disponibilidad potencial de recursos hídricos por región (Pérez Franco, 2002), lo que significa aproximadamente el doble de la disponibilidad actual para la provincia de Villa Clara según la información de la Revista Voluntad Hidráulica (2006), la cual la ubica en una posición ventajosa en el territorio con respecto al resto de las zonas. La investigación refleja que aunque existe suficiente disponibilidad de agua clasificada como satisfactoria, hay una sub explotación del recurso hídrico, ya que el consumo actual es de 747.3 m<sup>3</sup> /personas/año, lo que representa el 14.8 % del total disponible para uso de la población, valores que indican la necesidad de ordenar este recurso teniendo en cuenta las potencialidades hídricas del territorio de la Subcuenca. Tabla 3.3

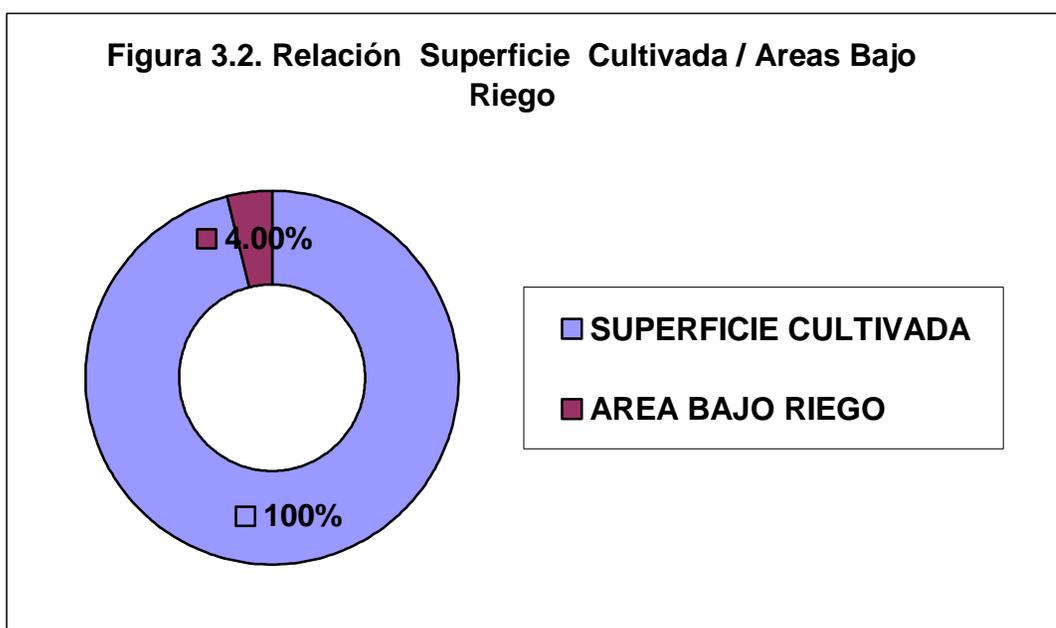
<b>Tabla 3.3. Indicadores de Disponibilidad potencial de Recursos Hídricos de la Sub – Cuenca Central de la Cuenca Hidrográfica del Río “Sagua la Grande”</b>				
No. Habitantes	Volumen de agua disponible	m <sup>3</sup> /Habitante/año	Escala	Clasificación
39 607	198.837 Hm <sup>3</sup>	5020 m <sup>3</sup>	Mayor 5000 m <sup>3</sup>	Satisfactorio
Consumo actual 747.3 m <sup>3</sup>				

Fuente: Indicadores de disponibilidad potencial de Recursos Hídricos por región. Pérez Franco (2002).

La Tabla 3.4. muestra el estudio de la distribución del agua según sus usos en los agroecosistemas reflejando que del recurso explotable de 198.837 Hm<sup>3</sup> se consume para la actividad agrícola 39.289Hm<sup>3</sup>/Año, lo que representa el 19.8% distribuido de siguiente la forma: el MINAGRI 12.441 Hm<sup>3</sup>, Empresas Agropecuarias Azucareras 16,121 Hm<sup>3</sup>, Agropecuaria FAR 10,727 Hm<sup>3</sup>; solo se

destinan para el riego 7.7 Hm<sup>3</sup> representando el 3.9%, del agua captada en el ecosistema lo cual muestra que el agua disponible es superior a la utilizada por cada uno de los tenentes, demostrando que no existe una adecuada distribución del agua lo que se convierte en un serio conflicto para la eficiencia productiva de los cultivos que en su mayoría están a expensas del Clima. Figura 3.2.

<b>Tabla 3.4. Distribución del Agua para las actividades productivas en la Subcuenca.</b>		
Agua disponible en la Subcuenca	198.373Hm <sup>3</sup> /Año	
Agua captada en la subcuenca 38.384 Hm <sup>3</sup>		
Desarrollo Agropecuario	39.289Hm <sup>3</sup> /Año	19.8%



El estudio del **medio físico agua** demostró que este **no es un factor limitante** para el desarrollo agropecuario de la Subcuenca Central de la Cuenca Hidrográfica Sagua la Grande.

- **Estudio del medio físico suelo.**

La figura 3.3 muestra la distribución geográfica de los suelos pertenecientes a la subcuenca central a través de la conformación de bases alfanuméricas utilizando el SIG Mapinfo 8.0, mostrando los contornos de suelo reflejando un predominio de los suelos Ferralíticos Rojos Típicos y Ferralíticos Lixiviados Concrecionarios, seguidos de los suelos Pardos con y sin carbonatos y en menor cuantía los suelos Oscuros Plásticos.

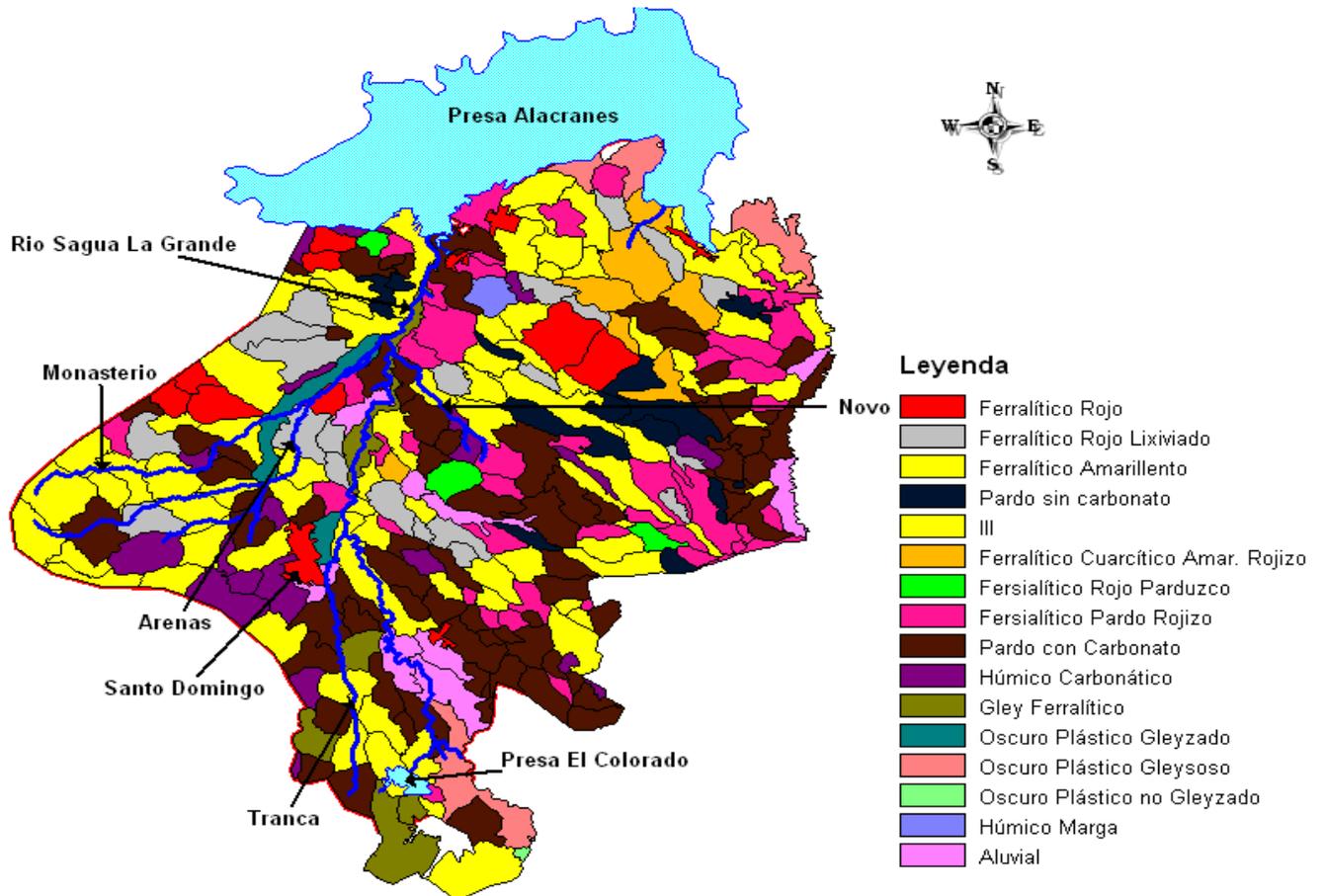


Figura 3.3 Mapa de suelos digitalizado de la Subcuenca Central de la Cuenca Hidrográfica del Río "Sagua la Grande".

La agroproductividad de los suelos Según (Pérez, 2002), utilizando los programas digitalizados CERES V1.03B Y AGRO 24, se comporta de la siguiente forma: Ver Tabla 3.5 y 3.6

<b>Tabla No. 3.5 Tipo de suelo / Superficie agrícola</b>		
Tipo de suelo	Área (Ha)	%
Oscuro Plástico Gleysoso ( Gris Amarillento )	1963.07	5.6
Pardo con Carbonatos ( Gleysoso )	2804.43	8.2
Ferralítico Amarillento ( Típico )	3154.94	9.00
Pardo sin Carbonatos ( Típico ):	5608.79	16.0
Aluvial ( Gleysoso ):	1752.74	5.0
Pardo con Carbonatos ( Típico )	4206.59	12.10
Ferralítico Rojo Lixiviado ( Típico ):	3856.04	11.00
Pardo Grisáceo ( Típico ):	2594.06	7.4
Ferralítico Rojo Lixiviado (Concrecionario ).	4311.76	12.3
Ferralítico Rojo (Típico ).	4697.36	13.4

- Suelos con Categoría 1: Representan el 4.3% (1528.21 ha) de la superficie agrícola total, caracterizados por ser suelos excelentes, profundos con buena capacidad de retención de la humedad, buenas propiedades químicas, físicas y biológicas, buen drenaje interno y superficial, adecuados para la generalidad de los cultivos de interés económico.
- Suelos con Categoría 2: Son el 65.0 % (22 799.95 ha) de la superficie agrícola, son suelos de mediano a profundos, buena retención de la humedad con factores limitantes factibles de corregir sin necesidad de grandes inversiones, responden al riego y a la fertilización. Cultivos recomendados: viandas, hortalizas y otros.
- Suelos con Categoría 3: Significan el 30.7% (10 726.83 ha) de la superficie agrícola, son suelos con mayores restricciones para los cultivos exigentes, de poco a medianamente profundos, aparecen factores limitantes de difícil y

costosa solución, el riego es selectivo y requieren labores especiales .Recomendándose los siguientes cultivos Piña, forestal y pastos.

Categoría	Área	% Área Agrícola
1	1528.21	4.3
2	22799.95	65.0
3	10726.83	30.7
4	–	–

Lo anteriormente expuesto demostró que el **medio físico suelo no es un factor limitante** para el desarrollo de los agroecosistemas de la subcuenca, haciéndose necesario ordenar las áreas en correspondencia con los tipos de suelos para satisfacer de las demandas nutricionales a la población.

- **Estudio del Clima**

La precipitación media anual para el período de 25 años fluctúa desde 1223.1 a 1919.5 mm y se distribuye claramente en dos períodos del año. El período lluvioso (mayo – octubre); al cual corresponde el 75.8 % de las precipitaciones y el período seco (noviembre – abril) con un 24.2% aproximadamente de las mismas. Se acentúan de forma marcada, precipitaciones cada dos años en el mes de noviembre con una fluctuación de 113 – 218 mm. La temperatura media anual es de 24.2 °C y los valores máximos de temperatura oscilan entre 31.4 y 33.6 °C., las cuales se han registrado en los meses de julio y agosto con una media anual de 30.8 °C. El mínimo absoluto ha ocurrido en los meses de diciembre a febrero según la serie histórica de los últimos 27 años de la Estación Meteorológica del INIVIT perteneciente al Centro Meteorológico Provincial. CITMA Villa Clara (2003). Tabla 3.7.

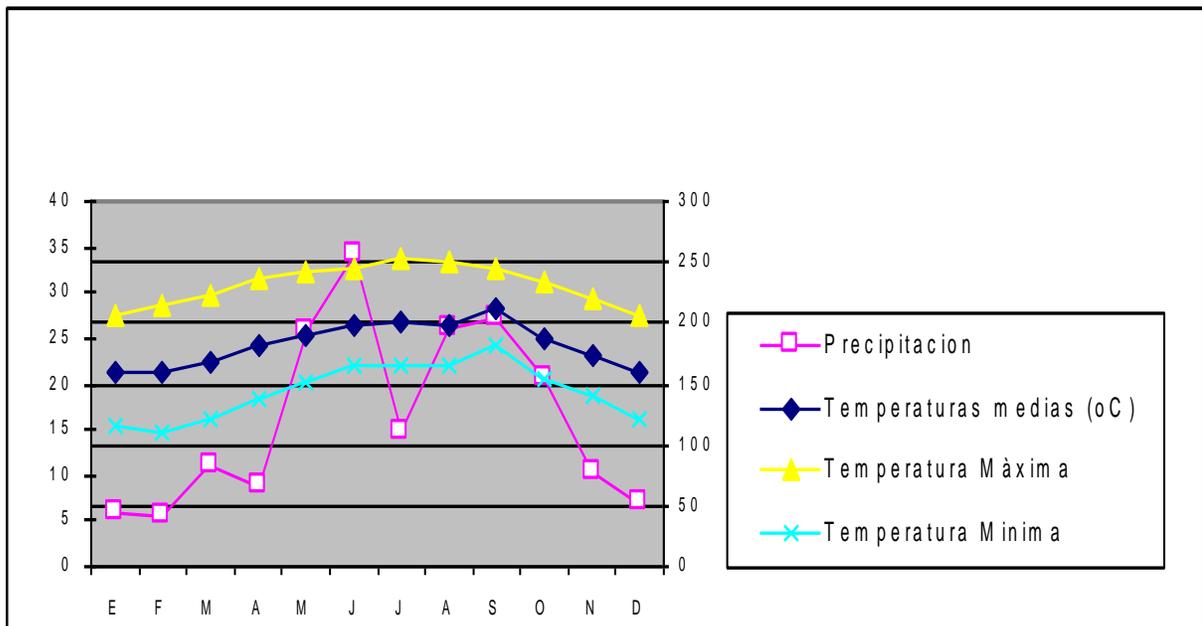
*Interacción de los componentes del clima con los agroecosistemas de la Subcuenca:*

- *Relación Clima / Cultivo.*

El análisis se realizó utilizando las temperaturas óptimas, máximas y mínimas y las necesidades totales de agua, demostrándose que éstas son favorables para el desarrollo fisiológico de los cultivos desarrollados en los agroecosistemas de la subcuenca, ya que los rangos establecidos por la FAO, están en correspondencia con el comportamiento de esta variable, demostrando que *el clima no tiene repercusión negativa sobre el ecosistema.* Figura 3.4

Tabla 3.7 Valores medios de las variables climáticas registradas en los últimos 25 años por meses			
Meses	Temperaturas medias (°C)	Humedad relativa (%)	Precipitación media (mm)
Enero	21.2	81.7	45.3
Febrero	21.2	77.5	42.6
Marzo	22.4	75.9	93,45
Abril	24.3	74.7	64.7
Mayo	25.4	78.2	192.9
Junio	26.5	81.9	255.4
Julio	26.9	79.8	110.4
Agosto	26.6	81.7	194.8
Septiembre	26.1	84.2	202.9

Octubre	24.8	84.6	153.0
Noviembre	23.2	85.1	76.7
Diciembre	21.4	82.5	51.2
Media Anual	24.2	80.61	1488.2



**Figura 3.4 Climatograma de la Subcuenca Central de la Cuenca Hidrográfica del Río "Sagua la Grande"**

Los fitoclimatogramas reflejan, que las necesidades hídricas de los cultivos sembrados tradicionalmente en los meses de marzo a agosto, están por debajo del comportamiento de las precipitaciones. De igual forma los rangos de temperatura media mensual, reflejados por la variable clima; se interrelacionan de forma positiva con los cultivos sembrados en los meses de primavera: ejemplo el

Sorgo (*Sorghum alepense*), la Soya (*Glycine max*), el Maiz (*Zea mays*) y el Girasol (*Heliantus annus*). Figuras 3.5 y 3.6

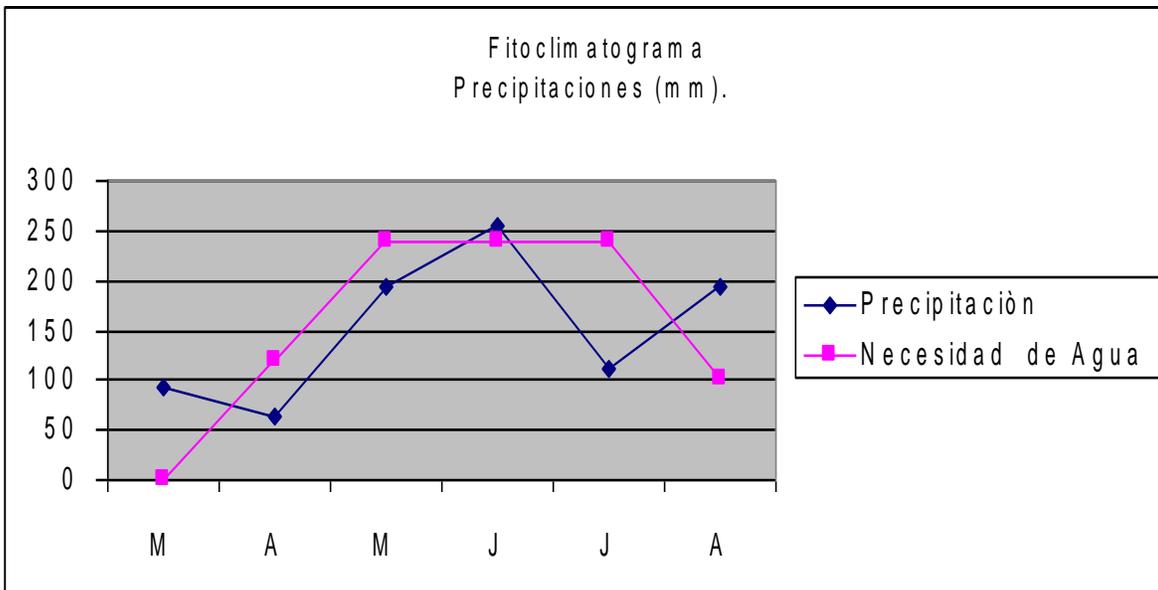


Figura 3.5. Fitoclimatograma Precipitaciones (mm). [Fuente: Elaboraci6n propia]

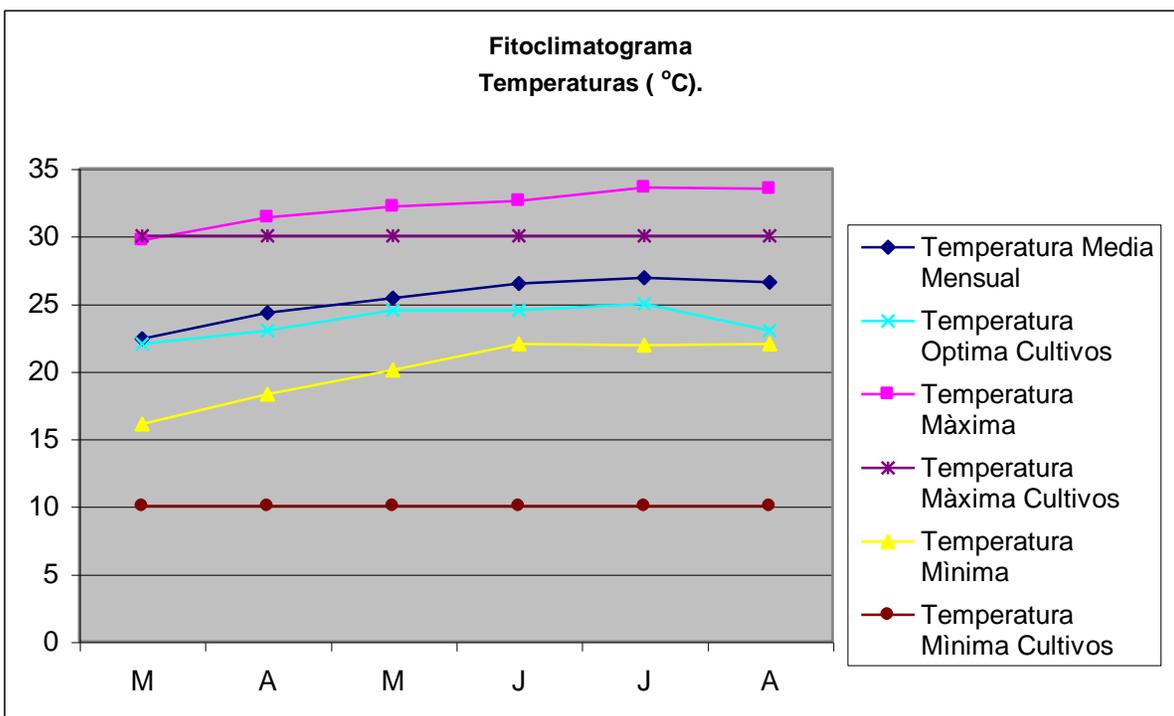


Figura 3.6. Fitoclimatograma Temperaturas (°C). [Fuente: Elaboraci6n propia]

### Eventos climáticos

Han ocurrido en los últimos 25 años 8 eventos climáticos extremos, destacándose los huracanes Denis, George y Lili, en cuales los se reporta un ascenso en la cota del río y lluvias máximas en 24 horas de hasta 349 mm, incidiendo en el equilibrio del ecosistema, ya que ocurrieron excesos de escurrimientos superficiales y acumulación de estos en terrenos planos, debido a la falta o insuficiencia de drenaje pluvial, tanto natural como artificial, siendo la causa esencial el efecto de la intensidad, distribución en el espacio y tiempo, de la lluvia mostrados en la Tabla 3.8

**Tabla 3.8 Afectaciones de los 7 eventos meteorológicos más importantes de los últimos años. [Fuente: Instituto de Recursos Hidráulicos Villa Clara (Santo Domingo)]**

No.	Nombre	Fecha	Vientos Máx. Km/h	Lluvia Máx. (mm) en 24 horas	Ascenso o Cota Río Sagua	Altura de la lámina de agua	Acumulado Presas(mm <sup>3</sup> )	
							C-39	Alacranes
1	Lili	10/1996	>180	236	<b>41,67</b>	1.93	6,792	-
2	George	9/1998	Ns (88)	271,4	<b>40,27</b>	1.70	7,365	-
3	Match	10/1998	Ns	66,4	<b>32,50</b>	1.30	4,404	315,8
4	Irene	10/1999	Ns	178	<b>39,11</b>	1.02	6,496	-
5	Intensas Lluvias	11/1999	Ns	108,0	<b>35,51</b>	0.86	3,812	437,2
6	Michelle	11/2001	162	193,5	<b>36,75</b>	1.92	2,557	394,0
7	Isidoro	9/2002	Ns	No sign.	<b>Cauce</b>	-	1,922	351,38
8	Dennis	7/2005	Ns(78) R>112	349,5	<b>41,55</b>	-	4,968	323,04

Las inundaciones ocurridas y los daños económicos sufridos en la sub - cuenca sugieren realizar el análisis de la Curva de probabilidad para la ocurrencia de eventos climáticos extremos en el ecosistema.

*Curva de probabilidad para eventos climáticos.*

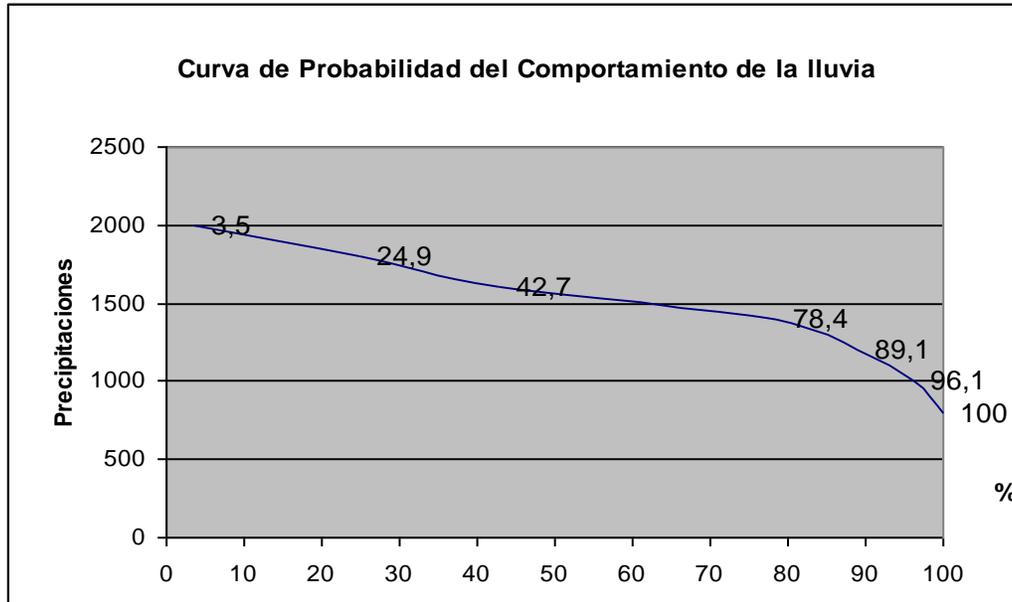


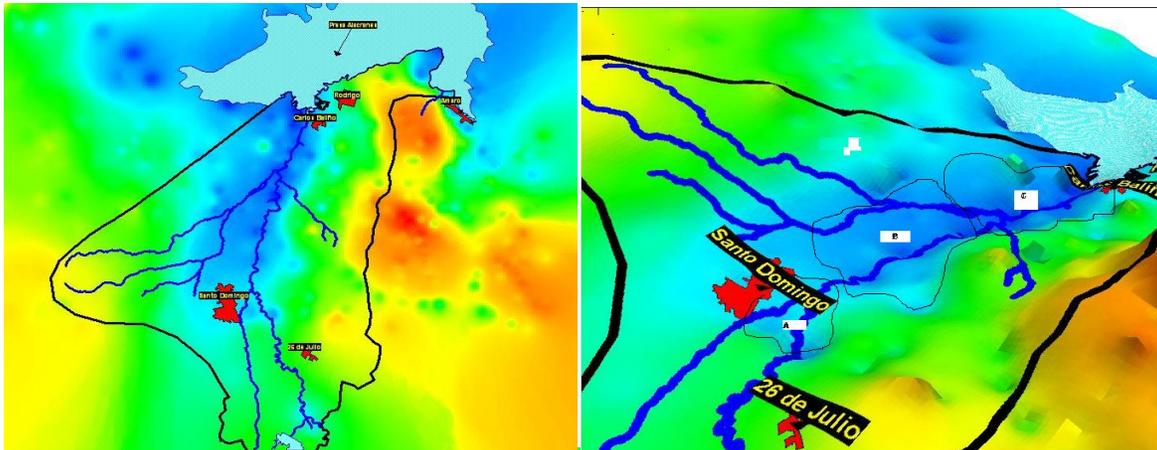
Figura. 3.7 Curva de probabilidad del comportamiento de la lluvia.

**[Fuente: Elaboración propia]**

La evaluación del comportamiento de la lluvia a través de la curva de probabilidad realizada a partir de las precipitaciones ocurridas en los últimos 28 años (Figura 3.7) describe que la posibilidad de que se presenten en la subcuenca central, fenómenos meteorológicos extremos con lluvias superiores a los 2000 mm, es de 3.5 años por cada 100 años, aunque es necesario destacar que las inundaciones ocurridas en la subcuenca no manifiestan igual comportamiento, provocado por la influencia de aguas arriba, lo que precisa crear las condiciones materiales para atenuar los daños ocasionados.

3.4 Resultados de la aplicación del procedimiento para la evaluación de los daños económicos provocados por inundaciones en zonas habitacionales y agrícolas. A partir de la curva de probabilidad de los eventos climáticos extremos se implementa el procedimiento para evaluar las afectaciones provocadas por las inundaciones en el área de estudio, estableciendo la magnitud de las afectaciones del ecosistema provocadas por estas adversidades climatológicas. La investigación basó su estudio en las 3 zonas mas bajas con mayores afectaciones por inundación, partiendo de la conformación de las bases

alfanuméricas, delimitando por curvas de nivel, utilizando el SIG Mapinfo 8.0., para delimitar la más afectada. Figura 3.8



**Figura 3.8. Zonas proclives a inundaciones en el territorio de la Subcuenca. [Fuente: Elaboración propia]**

<b>TABLA 3.9 EVALUACIÓN POR ZONAS DEL EFECTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EXTREMOS.</b>			
<b>Zona</b>	<b>Pérdidas Sector Poblacional (\$)</b>	<b>Altura de la Lámina de Agua (m)</b>	<b>Pérdidas Sector Agropecuario (\$)</b>
A	2170 890.45	1.53	220501.0
B	96484.02	1.02	1764008.0
C	144 726.03	1.36	2249110.2

En la tabla 3.9 que valúa el efecto de los eventos climáticos extremos por zonas en el territorio de la subcuenca, se observa que la Zona A tiene las mayores afectaciones en el sector poblacional ya que la altura de la lámina de agua, con respecto a la cota 42.6 m máxima del río, alcanzó los 1.53 m, provocando pérdidas que ascienden a \$ 220501.0 en viviendas, redes de acueducto, líneas telefónicas, que representa el 90% de las afectaciones. Muestra a su vez que la Zona C, es la más afectada en el sector Agropecuario, lo que hace necesario que se tomen medidas preventivas y/o correctivas para atenuar o mitigar las posibles pérdidas ocasionadas.

De igual forma se hace necesario proponer alternativas viables para lograr elevar la capacidad de resiliencia de los agroecosistemas.

Las tablas 3.10 y 3.11 muestran el promedio de afectaciones causadas por los eventos climáticos extremos ocurridos en la subcuenca, observándose que ascienden a los \$ 2 412 100. 51 a su paso, reflejándose mayores afectaciones en el sector agrícola que en el habitacional, ocasionando serias pérdidas a la economía y los habitantes. Estas afectaciones se demuestran al analizar el comportamiento de la relación lluvia caída con respecto a la altura de la lámina mostrando, que en el ecosistema de la subcuenca existen afectaciones por intensas lluvias mal distribuidas, provocando a su vez un volumen significativo de los daños por inundaciones, ocurriendo por los efectos de aguas arriba, que aumentan el nivel de sedimentos arrastrados por el río, tanto urbanos como industriales, provocando daños de importancia económica. El análisis realizado mostró la vulnerabilidad del ecosistema que compone la subcuenca ante los diferentes fenómenos climáticos que en ella ocurren; lo que hace necesario evaluar sus potencialidades para elevar la resiliencia de los sistemas, coincidiendo con lo planteado por Smith, 1993, al referir la necesidad de notar la magnitud de las reservas para tamponear los riesgos que crecen rápidamente con la impredecibilidad climática.

<b>TABLA 3.10 VALOR DE LAS PÉRDIDAS EN LA ACTIVIDAD</b>		
Aspectos	Cantidad	Total (\$)
Posturas	20000 u	30000
Plátano Cosecha	336.5 ha	2 692 000
ha de Viandas	282.24 ha	1 128 960
ha Hortalizas (Tomate)	120. 00 ha	540 000
Total de Animales	1082 u	19 060
Vacuno	63 u	15 750
Ovino – Caprino	19 u	950
Aves	1000	2360
Total de pérdidas		4 410 020

<b>Tabla 3.11 Valor de la Afectación en Instalaciones</b>		
Aspectos	Cantidad	Total (\$)
Centros educacionales	24	6023.50
Establecimientos comerciales	26	11 356.23
Instalaciones agropecuarias	29	3564.14
Viviendas	3317	1 975 500.3
Derrumbe Total	178	875 599.2
Derrumbe Parcial	1119	1 099901.1
Líneas Telefónicas	80	20 500
Redes de Acueducto	5	956.34
Total		2 412 100.51

### **3.5 Ordenamiento de cultivos**

Los cultivos se ordenan partiendo de la vocación de los suelos y la distribución de las aguas y recursos disponibles, basado en la demanda de la población de la subcuenca.

La tabla 3.12 muestra los cultivos propuestos de acuerdo con la aptitud de los suelos en el territorio de la subcuenca, partiendo de la valoración de los rendimientos que se obtienen y las propuestas realizadas por el programa AGRO 24, en correspondencia con sus características.

<b>TABLA 3.12 : ORDENAMIENTO DE CULTIVOS</b>			
Cultivos	Área (ha)	Rdto. Actual (t/ha)	Rdto Planificado (t/ha)
Boniato ( <i>Ipomoea Batata</i> )	300.25		10.00
Calabaza ( <i>Cucúrbita Máx.</i> )	250.0		10.00
Cítricos	18.79		12.00
Col ( <i>Brassica Oleracea</i> )	250.00		15.00
Frijol ( <i>Phaseolus Vulgaris</i> )	259.36		1.20
Frutales	329.68		15.00
Maíz ( <i>Zea Mays</i> )	485.23		1.50
Malanga ( <i>Xantosoma Sagittifolium</i> )	100.0		10.00
Pepino ( <i>Cucumis Sativus</i> )	300.00		15.00
Platano <i>Musa Sp</i> )	238.13		15.00
Soya <i>Glycine Máx.</i> )	152.36		1.0
Tomate ( <i>Licopersicum Esculentum</i> )	265.47		15.00
Yuca ( <i>Manihot Esculenta</i> )	150.0		12.00
Arroz Popular	1982.00		3.0
Total	15332.32		

Teniendo en cuenta la aptitud física de las tierras para los diferentes cultivos se llevó a cabo el ordenamiento de los mismos, con el propósito de obtener mejores beneficios económicos, ecológicos y sociales. Al realizar la evaluación, utilizando el sistema automatizado AGRO 24, se pudo comprobar que los rendimientos potenciales de los cultivos estimados para cada unidad cartográfica son superiores a los obtenidos en condiciones de producción actuales, lo que confirma que las tierras del territorio están subexplotadas. Tabla 3.13 y Figuras 3.9 a la 3.14

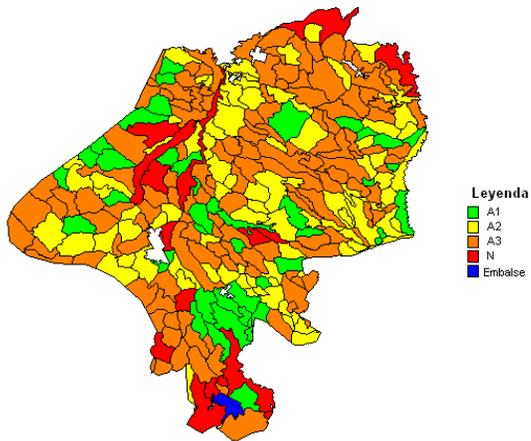


Fig. 3.9 Ordenamiento Aptitud Frijol

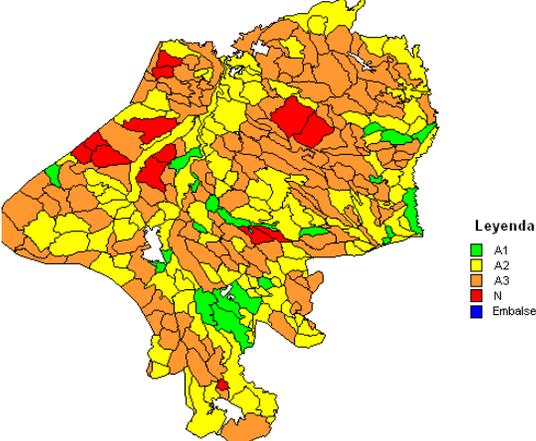


Fig 3.10 Ordenamiento Aptitud Arroz

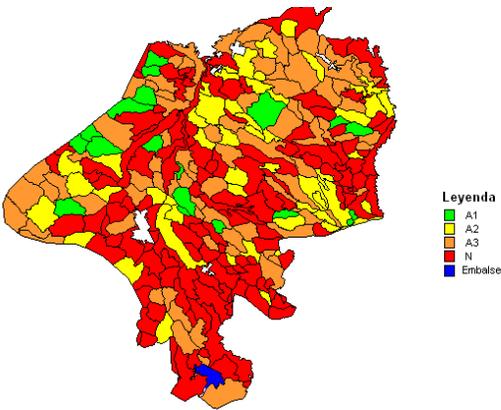


Fig 3.11 Ordenamiento Aptitud Piña

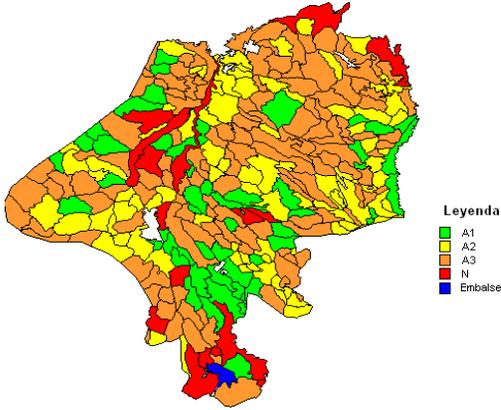


Fig.3.12 Ordenamiento Aptitud Soya

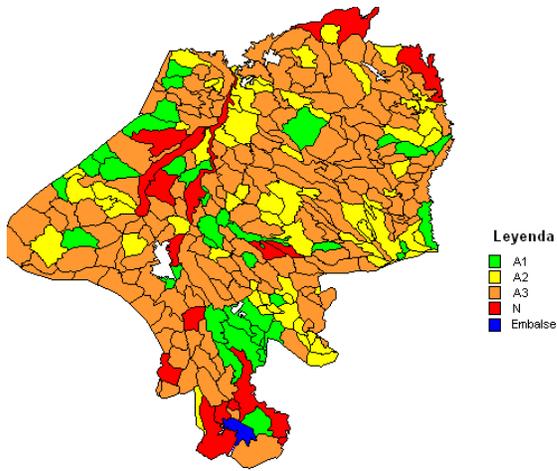


Fig. 3.13 Ordenamiento Aptitud Tomate

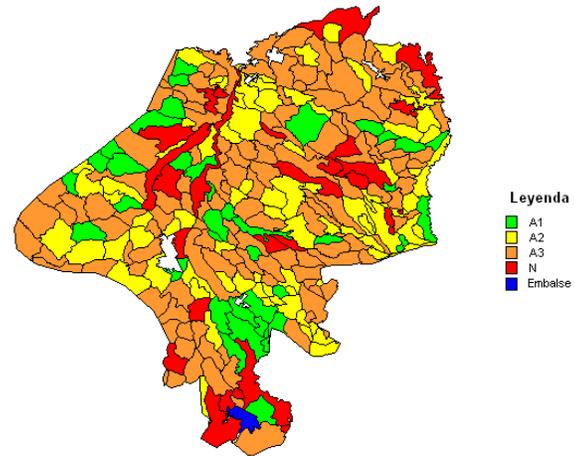


Fig. 3.14 Ordenamiento Aptitud Yuca

A1 Sumamente apta  
 A2 Moderadamente apta  
 A3 Marginalmente apta  
 N No apto

<b>Tabla 3.13 Resultados Productivos con Relación al Ordenamiento.</b>			
<b>Cultivo</b>	<b>Producción (t)</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Producción (t)</b>
<b>Granos</b>		<b>Hortalizas</b>	
Frijol	1239.25	Tomate	9232.05
Maíz	2140.98	Col	3750.00
Soya	900.85	Pepino	5000.00
Arroz	7928.00	Calabaza	2500.00
Sorgo	352.27	<b>Subtotal</b>	<b>22482,05</b>
<b>Subtotal</b>	<b>12561,35</b>		
<b>Viandas</b>		<b>Frutas</b>	
Plátano	3571.75	Cítricos	255.48
Boniato	3200.50	Piña	6300.6
Malanga	1000.00	Guayaba	293.00
Yuca	3450.00	<b>Subtotal</b>	<b>6849.08</b>
<b>Subtotal</b>	<b>11222,45</b>	<b>Total General</b>	<b>53114,93</b>

### 3.6 Análisis de la autosuficiencia alimentaria

Como muestra la Tabla No. 3.14 los valores de producción se incrementarían de 9 789 t anuales de producción de viandas, granos hortalizas y frutas a 53 114.93 t, lo que representa 5.42 veces más que la producción actual, estas cifras permiten superar las demandas de la población de acuerdo con las necesidades alimenticias por grupos de especies, reflejando la autosuficiencia del ordenamiento de los agroecosistemas y las posibilidades de dar respuesta a otras demandas. Por lo que queda demostrada la necesidad de ordenar la actividad agrícola en el territorio de la subcuenca.

Los excedentes de producción suplen la demanda *per cápita* de granos, viandas, hortalizas y frutas para 99 729 personas por año, independientemente, de las demandas de la población de la subcuenca.

<b>Tabla 3.14 . Relación Producción / Demanda de Alimentación</b>			
	Producción Anual (t)	Necesidad (t/Año/Población)	Diferencia
Granos	12561.55	3992.38	8569.17
Viandas	11 222.45	3422.04	7800.41
Hortalizas	22482.05	4277.55	18204.5
Frutas	6849.08	3279.45	3569.63
<b>Total</b>	<b>53114.93</b>	<b>14971.42</b>	<b>38143.71</b>

## **CONCLUSIONES.**

1.- La disponibilidad del agua en el territorio de la sub - cuenca es de 5020 m<sup>3</sup>/personas/año, suficiente para satisfacer las necesidades del ecosistema.

2.- El medio físico suelo no es un factor limitante para el desarrollo de los agroecosistemas, del territorio de la Subcuenca Central de la Cuenca Hidrográfica Sagua la Grande.

3. El clima no es un factor limitante para el desarrollo de los agroecosistemas del territorio de la Subcuenca Central de la Cuenca Hidrográfica Sagua la Grande.

4.- La ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos en el territorio de la Subcuenca Central, es de 3.5 veces cada 100 años; produciendo daños económicos que han alcanzado la cifra de \$ 6 822 120.51 en MN.

5.-Los suelos del territorio están subexplotadas ya que los rendimientos potenciales estimados con el sistema AGRO 24 son muy superiores a los actuales.

6.-Con el ordenamiento espacial y temporal de los cultivos se logra incrementar la producción de viandas, granos, hortalizas y frutas 5.42 veces más, cifras que superan las demandas de la población de acuerdo con la demanda per cápita por habitante.

## RECOMENDACIONES.

1. Profundizar en el estudio de la subcuenca central del Río Sagua la Grande, en particular en lo relacionado a las eventos extremos del clima.
2. Utilizar los Sistemas de Información Geográfica como herramienta de trabajo para el ordenamiento de los Agroecosistemas de las Subcuencas, generalizándolo en las empresas de producción agropecuaria. .
3. Continuar estudiando la posible influencia que ejerce las aguas arriba en las inundaciones ocurridas en el Subcuenca Central del río "Sagua la Grande.
1. 4. Poner a disposición de las autoridades del municipio de Santo Domingo los resultados de este trabajo. Utilizar los SIG como herramienta de trabajo para el ordenamiento de los Agroecosistemas de la Subcuencas.

## 6.0 BIBLIOGRAFIA.

- **Abelenda; et al. 1996.** "El agua es el más que agua". Tierra amiga. Población de redes amigas de la Tierra. Uruguay.
- **Agricultura Sostenible. 1995.** Revista abril No 1.
- **Agricultura sostenible.1995.** Revista diciembre No 3.
- **Bellot, J; et al. 1997-98.** La ordenación rural en función del medio ambiente. Diplomado Universidad de Alicante ( Proyecto Habana) ISCA de La Habana.
- **Bennett, H; et al. 1962.** Los suelos de Cuba y algunos nuevos suelos. Edición Revolucionaria. La Habana.
- **Brunet R. 1997.**Campo Florido hacia el siglo XXI. Proyecto de ordenación de la cuenca del río Guanabo. ISCA de La Habana.
- **Cabrer, P.; et al. 1968.** Suelos Agrícolas Cubanos. Editorial Ciencia y Técnica, La Habana.

- **Calsadilla, E. 1991.** Informe Taller sobre evaluación de programas y proyectos de Manejo de Cuencas Hidrográficas en relación al Programa de Acción Forestal en los Trópicos.
- **Castellanos, I. 1955.** Elementos de Agricultura. La Habana.
- **CITMA. 2000.** Convocatoria para el programa territorial científico técnico Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Villa Clara.
- **CLADES, CEAS – ISAAC, 1996** Modulo I y II Curso de Agroecología y Agricultura Sostenible.
- **Colectivo de autores. 1999.** Tecnología y Sociedad. Grupo de Estudios Sociales de la Tecnología. La Habana.
- Colectivo de Autores. Evaluación aproximada de la carga contaminante en la provincial de Villa Clara. UMA. CITMA. 1999.
- Contribuciones per cápitas de materia orgánica biodegradable. CIRH (INRH), 1990.
- **Cuba.FAO.1997.** Manual para el manejo de cuencas hidrográficas. Página Web. [www.altavista.com](http://www.altavista.com)
- **Dueñas, R; et al. 2001.** Agricultura/Sostenibilidad. Texto para el tema de Ordenamiento de los recursos hídricos de la maestría de Agricultura sostenible de la Facultad de Ciencias Agropecuarias
- **Dueñas, R; et. al. 2002.** Estudio-Diagnóstico de la Cuenca Hidrográfica del Río Sagua la Grande. Monografía. UCLV. FCA.
- **EEPF, 2001.** Curso de capacitación SIG aplicado al Manejo de Cuencas Hidrográficas. Estación Experimental de pastos y forrajes “Indio Hatuey” Cuba.
- Evaluación de fuentes de contaminación de aire, agua y suelo OMS, 1998. Metodología para la evaluación aproximada de la carga contaminante en las cuencas hidrográficas de interés Nacional y Provincial. CIGEA. 1998
- **FAO 1992.** Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente. Política y acción de la FAO Estocolmo 1972 – Río 1992.
- **FAO 1997.** planificación y manejo de Cuencas Hidrográficas en zonas de América Latina.

- **FAO 1997.** Planificación y ordenación de las cuencas Hidrográficas con ayuda de la computadora. (Tecnología para la planificación nacional).
- **FAO. 2002.** Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Revista Riego y Drenaje No 33.
- **Fisher,R; et al. 1938.** Statistical tables for biological, agricultural and medical research. Oliver and Boyd. Edimburgo.Great British
- **García J. M. y Grupo de Trabajo (1991).** Evaluación aproximada de la carga contaminante afluentes a zonas costeras provenientes de fuentes terrestres. Informe Final Cuba. Proyecto CEPOL-Fuentes terrestres. UCR-PNUMA-Jamaica.
- **Golley, F; et al. 1991.** Interactions of landscape ecology, planning and desing Landsc. Urban Plan. Madrid.
- **Gómez Orea, D. 1985.** El espacio rural en la ordenación del territorio. Instituto de Estudios agrarios, pesqueros y alimentarios. Madrid.
- **Gómez Orea, D. 1994.** Ordenación del territorio. Una aproximación desde el medio físico. Instituto Tecnológico Geominero de España. Editorial Agrícola Española, SA. Serie, Ingeniería Geoambiental. Madrid.
- **Guenkov, G. 1969.** Horticultura cubana. Edición Revolucionaria. La Habana
- **Guía técnica. 2000.** Revista. C. de La Habana.
- **Hernández, A.; et al. 1980.** Il clasificación Genética de Suelos de Cuba. Consejo Editorial. ACC. La Habana.
- **Huerres Pérez, C. 1991.** Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. La Habana.
- **INRH 1981.** Norma Cubana 53 –91 –93. Demanda de agua a la población. Departamento de Normas y Proyectos.
- **Lassey, W. 1977.** Planning in rural environments. New York: McCraw Hill Book Co..
- **Loma, J; et al. 1998.** Agricultura Sostenible. Edición Mundi – Prensa AGROFUTURO.
- **López, M; et al. 1995.** Raíces y tubérculos. Edición Pueblo y Educación La Habana.

- **López, R. 1995.** Conferencia de Agroecología. UCLV.
- **M.O.P.U. 1996.** Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Centro de estudios para la ordenación del territorio y el medio ambiente. Madrid.
- **Marsh, W. 1991.** Landscape planning: Environmental applications. 2<sup>nd</sup>. Ed. New York: John Wiley and Sons.
- Martín J.. (2001). Impacto de la Gestión Ambiental en la disminución de la contaminación de las aguas en Villa Clara. Memorias de la Conferencia Internacional MAS XXI (2<sup>da</sup> edición). Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas. Noviembre.
- **Matov, M. 1974.** Aplicaciones prácticas del riego. Editorial Organismos. Instituto Cubano del Libro. C. de La Habana.
- **Moya, A. 2002.** Particularidades climáticas en algunos territorios de la provincia de Villa Clara. Centro Meteorológico Provincial. CITMA. Villa Clara.
- **Pacheco, J.; et al. 1995.** Riego y Drenaje. Editorial Pueblo y Educación. C. de La Habana.
- **Palacios-Aceves.1980.** Instructivo para el muestreo, registro de datos e interpretaciones de la calidad del agua para riego agrícola. Rama de Riego y Drenaje del Colegio de Postgrados de la ENA, Méjico DF.
- **Pérez, R; et al. 2002.** Sistema para la evaluación cuantitativa Agroproductiva de los suelos. Monografía. Villa Clara.
- **Puerto D. C; 1974.** Higiene del medio . Tomo I. Ministerio de Salud Pública
- **Quiñones, 2001.** IV Versión de la Maestría de Agricultura Sostenible. FCA. UCLV.
- **Rey, A; et al. 1979.** Manual de régimen de riego de los principales cultivos de Cuba. Editorial Orbe. C. de La Habana.
- **Sagardoy, J. 1993.** Una visión global de la contaminación del agua por la agricultura. En prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines. Informe sobre temas hídricos. FAO, Roma.
- **Socorro, m. 1989.** Granos. Editorial Pueblo y Educación.

- **Steinitz, W. 1997.** A systems analysis model of urbanisation and change: An experiment in interdisciplinary education. Cambridge, MA; Graduate School of Design, University of Harvard.
- Suplemento Especial. Universidad para Todos. Protección Ambiental y Producción más limpia. Parte II. Colectivo de Autores. La Habana, 2007. p-13
- Susanna B. Hecht - Universidad de California, Los Angeles, 2007. La Evolución del Pensamiento Agroecológico.
- **Torres, S.** 1995. Fisiología Vegetal. Editorial Pueblo y Educación. C. de La Habana.
- Burrough, P. and Rachael A. McDonnell. 1998. Principles of Geographic Information Systems. Oxford, University Press.
- Burrough, P.A. 1986. Principles of geographical information systems for land resources assessment. New York: Oxford University Press. XIII, 193 pp.
- NCGIA. 1990. NCGIA Core Curriculum. Santa Bárbara, Universidad de California.
- Gutiérrez, J. Y M. Gould. 1994. SIG: Sistemas de Información Geográfica. Editorial Síntesis S. A. 251 p. Madrid.

### **Fe de errata**

- En la página 46 tabla 3.4 donde dice agua captada en la subcuenca 38 384 Hm<sup>3</sup> el valor se modifica por 39 289 Hm<sup>3</sup>.
- En la página 59 la Tabla 3.12, columna Rendimiento actual se omite