



MINISTERIO DE LA AGRICULTURA

Autopista Costa-Costa, Km. 8½., Apdo. 8022, C..P., 10800, Capdevila, Boyeros.  
Teléfonos 45-1166 45-1188 Telefax: (537) 45 3946 E-mail larenee@ceniai.inf.cu

## **INFORME DEL PROYECTO**

**Título del Proyecto:**

**“CREACIÓN DE UN SISTEMA DE TOMA DE DECISIONES  
SOBRE EL MANEJO Y CONSERVACIÓN DE LOS SUELOS Y  
RECURSOS ASOCIADOS, EN EL MUNICIPIO MARIANAO”.**

**INSTITUCIÓN CABECERA**

**INSTITUTO DE SUELOS**

**Código: N° 0723**

**LÍDER DEL PROYECTO**

**Vicente Gálvez Valcárcel**

**Marzo 2011**

**INDICE**

<b>N°</b>	<b>Contenido</b>	<b>Pag.</b>
1	ASPECTOS DE CARÁCTER GENERAL	3
1.1	Relación de autores	3
1.2	Fecha de ejecución	3
2	Objetivo del proyecto	3
2.1	Objetivo general	3
2.2	Objetivos específicos	3
2.3	Resultados esperados	3
3	Introducción	4
4	Materiales y métodos	4
4.1	Principales elementos contenidos en la base de datos matriz	6
4.1.1	Información utilizada	6
4.2	Procesamiento de la información	6
4.3	Medio natural	7
4.4	Características geólogo-geomorfológicas	7
4.4.1	Geología	7
4.4.2	Estratigrafía.	7
4.4.3	Geomorfología.	8
4.5	Clima	9
4.6	Vegetación	11
5	Resultados y Discusión	14
5.1	Principales indicadores en estudio.	14
5.1.1	Suelo _ clasificación	14
5.1.2	Estudio de suelos a escala detallada. Sector de referencia.	17
5.1.2.1	Propiedades más importantes de los suelos; factores limitantes	17
5.1.3	Evaluación de la fertilidad	23
5.2	Clasificación agroproductiva	24
5.3	Otras capas de información y bases de datos	26
5.3.1	Contaminación	26
6	Sistema de Toma de decisiones (STD)	28
6.1	Métodos.	28
6.2	Resultados	29
6.2.1	Mapa de combinación de problemas.	29
6.2.2	Mapa de alternativas de soluciones	30
7	Actividades de Capacitación.	32
8	Conclusiones	33
9	Recomendaciones	33
10	Bibliografía	34
11	Anexos, tablas, gráficos, figuras y fotos.	

## **1. ASPECTOS DE CARÁCTER GENERAL**

### **1.1 AUTORES**

Vicente Gálvez Valcárcel.  
Mario Riverol Rosquet.  
Luís Rivero Ramos.  
Roberto Morales Morales (2009).  
Víctor Tamayo Granado.  
Andrés Fuente Soto.  
Enma Fuente Alfonso.  
Maidelis Mengara Calderon (2009).  
Tania La Guardia Madrazo.  
Yamila Valiente Palacios.  
Carmelina Vázquez Sánchez (2009)  
Bisue Pang Menéndez (2009).  
Nirma Belkis Veitia Cordova (2009).  
Juán Miguel Pérez Jiménez (2010-11).  
W. Adrian Richelme Aguirre (210-11).  
Osmay Peña Vázquez (2010-11).  
Oneyda Hernández Lara (2010-11)

#### **1.1.1 Colaboradores:**

Dr. Dalmacio Boch Infante.  
Ing. Edelmira Arias.

**1.2 Fecha de ejecución:** Inicio: marzo/2009 y terminación: abril/2011.

## **2 Objetivo del proyecto**

### **2.1 Objetivo general**

Poner a disposición de los organismos que inciden sobre las áreas agrícolas del Municipio, un Sistema Automatizado de Toma de Decisiones, que les facilite dirigir las acciones, encaminadas a la conservación y mejoramiento de los suelos y del medio ambiente.

### **2.2 Objetivos específicos.**

- 2.1 Crear la base informativa y metodológica que garantice una mayor eficiencia en la toma de decisiones.
- 2.2 Identificar y caracterizar los principales procesos degradantes y los factores que afectan a los suelos y otros componentes del Medio Ambiente.
- 2.3 Facilitar la toma de decisiones para disminuir la degradación de los suelos del Municipio.
- 2.4 Capacitar a productores técnicos y personal vinculado a las áreas de producción en materia de mejoramiento y conservación de suelos.

### **2.3.- Resultados esperados y beneficios que derivan de ellos:**

2.3.1 Sistema de Información Geográfica (SIG) Municipio Marianao, con capas de información y bases de datos, que caracterizan los componentes naturales y antrópicos

del Medio Ambiente. Este resultado constituye la base para la adopción de medidas encaminadas al mejoramiento medioambiental, económico y social de la población del municipio, a corto, mediano y largo plazo. Además, puede ser base para la actualización e incorporación de información en la rama agrícola y ejecución de cualquier tipo de Proyecto que se ejecute de ahora en adelante.

2.3.2 Sistema de Toma de Decisiones (STD) Municipio Marianao, consistente en un mapa integrado de problemas y soluciones, el cual le sirve a los Decisores para la aplicación de medidas con alto grado de eficiencia, así como para el trazado de estrategias, dirigidas a la conservación y mejoramiento de los suelos y del Medio Ambiente, en el nivel de municipio y de unidades de producción.

### **3.- INTRODUCCION**

La Degradación se presenta como consecuencia de la sobreexplotación de las tierras unido a otros factores que incluyen el comportamiento climático y actividades propias del hombre, donde el manejo del suelo nos obliga a promover sistemas de producción que respeten el medio ambiente, sean económicamente viables y mantengan las múltiples funciones de la agricultura (García 2002). La degradación, como proceso dinámico afecta la productividad del agro ecosistema el que puede llegar a ser irreversible, involucra el conocimiento del origen del fenómeno, características de cada área, uso y manejo de la tierra, tecnología y participación de la población involucradas para cada condición en particular. Por tal razón en el presente informe se incorpora en un sistema de Información Geográfico (SIG), la información (en formato digital) realizada en el municipio, que permitan determinar las causas, factores y procesos que evidencian la existencia de la degradación con la finalidad de definir la prioridad en los trabajos de Conservación y Mejoramiento de los suelos en el Municipio de Marianao.

La aplicación de la concepción de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), como herramienta de un Sistema Integrado, ha sido expuesta en trabajos anteriores Rivero, et., al., (2002 y 2003). Las tecnologías más modernas de la informática y la programación (Martín 2001 y Garea 2003), permiten un uso más eficiente de la base informativa acumulada durante varias décadas, de las cuales son ejemplos importantes las relacionadas con la clasificación y cartografía de los suelos, (Instituto de Suelos, 1999 y, Tremols, et.,al.,2000), así como todas aquellas propiedades y factores que permiten evaluar el estado de degradación de los suelos y demás componentes del Medio Ambiente, determinantes en el comportamiento de los cultivos, (Instituto de Suelos 2001).

En el municipio de Marianao, existe información dispersa sobre los componentes naturales del Medio Ambiente y los introducidos por el hombre; lo que es necesario recopilarla y convertirla en herramienta para la toma de decisiones; es por ello la necesidad e importancia de disponer de un Sistema SIG-del municipio Marianao.

### **4.- MATERIALES Y METODOS**

El área de trabajo pertenece al municipio de Marianao, ubicada en la provincia de Ciudad Habana; se localiza en las hojas cartográficas 3785 IIIa y 3785 IIIc, a escala 1:25 000 (Suárez et. al.,1977); entre las coordenadas: Norte desde la 355000 hasta la 364000, y por el Este de la 351000 hasta la 357000; En la Figura 1, se da ubicación geográfica e hidrológica del área de trabajo (otros componentes geográficos no se

presentan por requerir impresión a color) la misma ocupa una superficie total de 1465 ha.

Se dispuso de una gran fuente de información prevaleciendo: los trabajos cartográficos del mapa 1:25 000 de la provincia Habana Edición 2 de 1998 (ICGC, 1998), del Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía (actualmente Geocuba) y, los estudios relacionados en el Consejo Popular Pogolotti a escala detallada 1:10 000 y 1:2000 (Fuentes. et, al. 2005), en ambos casos, además de contener los elementos básicos para el posicionamiento geográfico, contienen información de alta calidad sobre hidrografía, viales, relieve, y asentamientos humanos entre otras.

La información cartográfica, alfa numérica y de texto existente en el municipio, se organizó y evaluó; la que formó parte del Sistema de Información Geográfico del Municipio Marianao ("SIG-Marianao"), con sus correspondientes capas y atributos, acompañadas en todos los casos de una base de datos contenidas en las extensiones de acuerdo a los programas utilizados como: .xls (Excel-2003); .dxf (Auto Cad 2000); \*.tab y; \*.wor (Mapinfo Profesional 8.0) y .apr (ArcView Gis 3.2)

#### **4.1 Principales elementos contenidos en la Base de datos Matriz (BDM).**

Como consecuencia del cumplimiento de los objetivos del proyecto, se cuenta con una base de datos Matriz, la cual se incluye en el archivo Mapinfo (soporte magnético), con los siguientes tipos de información:

- Identificador de los contornos de suelos (ID).
- Clasificación del suelo, hasta nivel de subtipo.
- Información comprendida en el nivel de especie, como: profundidad pedológica (p); humificación (h); erosión (e); % de concreciones (c); grado de gleyzación (g) y, grado de lavado (l).
- Información comprendida en la variedad como: textura, contenido de gravas (x), contenido de piedras (w), contenido de rocas (z), profundidad efectiva y pendiente predominante.
- Número de cada perfil y puntos de observación.
- Coordenada x, Coordenada y, las que determinan la georeferencia de perfiles y puntos de observación.
- Índices del comportamiento físico y químico del suelo.
- Índices para la caracterización agroquímica.
- Información que aparecen en otras capas y/o bases de datos, referidas a: clima, hidrografía, vegetación, asentamientos humanos, red vial entre otras.

##### **4.1.1 Información utilizada:**

- Recolección de información cartográfica a escala 1:10 000.
- Base cartográfica 1: 2000; y 1:25 000.
- Muestras de suelos realizados en Junio del 2003. (Consejo Popular Pogolotti).
- Uso de la información sobre geología e hidrología de la zona.
- Resultados analíticos de suelos referidos en la base de datos se corresponden a los siguientes métodos: determinación de pH en cloruro de potasio (Método Potenciométrico (NCISO10392:1999); fósforo y potasio asimilable por el método de Machiguin (NC 52:1999); Determinación del porcentaje de materia orgánica (Método de

Walter and Black) (NC51:1999); capacidad de intercambio catiónico (Método de Shashabell); determinación de la textura, (NC-ISO-11277); Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de los cationes intercambiables del suelo (NC 65: 2000); Manual Técnico del Mapa Escala 1:25000 (NRAG166:79).

- Información climática obtenida en el Instituto de Investigaciones Fundamentales de la Agronomía Tropical (INIFAT), y referidas en informes y publicaciones citadas hasta el período 2009.

**4.2 Procesamiento de la información:** Una vez recopilada la información y realizado el análisis previo de la misma, se procedió a su captura, y conversión del formato analógico al digital con la utilización de un Sistema SIG apoyándonos en los programas:

- AUTOCAD MAP 2006: Con este programa se crearon los archivos de dibujo con extensión Dwg,

- Mapinfo, versión 9: Con este programa se crearon las capas de información, cada una con su base de datos, en formato digital. Se siguió el criterio de establecer la secuencia: capa de información, objetos de las capas, atributos de los objetivos y valores de los atributos, como base para la aplicación de las siguientes fases del Sistema.

- ARCVIEW 32: Con este programa se crearon las capas de información referentes al Sistema de Toma de Decisiones (STD).

Los programas empleados están instalados en una Microcomputadora Pentium IV, con un microprocesador de 300 MHz, 1GB de memoria RAM y 35 GB para almacenamiento de información.

De cada capa de información se presenta un mapa principal, con la distribución espacial del atributo que mejor represente el problema que se quiere expresar. Por ejemplo, en la capa referida a la clasificación de los suelos, se ofrece la distribución espacial de los Tipos y Subtipos de Suelos, mientras que en la referida a las características de los suelos, se presenta la distribución espacial de las categorías de mayor importancia, como la distribución espacial de la erosión, profundidad efectiva, indicadores de fertilidad como es la materia orgánica, la acidez del suelo, capacidad de intercambio catiónico, contenido de fósforo y potasio asimilables entre otras. Todo lo cual permite crear los mapas temáticos de interés, de acuerdo con cada columna de la base de datos. Representaremos las distribuciones espaciales que estén más vinculadas a los procesos de degradativos de los suelos.

#### **4.3 MEDIO NATURAL**

Los suelos representativos del Municipio están distribuidos en diferentes zonas, las cuales han sido remodeladas producto de la acción antropogénica debido a la expansión demográfica de los últimos 20 años, lo cual ha provocado la gran disminución del área agrícola. Otro elemento fundamental es el incremento en el municipio de nuevas fábricas, las cuales producen una importante contaminación en una gran parte de las áreas debido a los vertimientos que producen, además del aporte de las aguas negras a través de la red fluvial, todo lo cual ha influenciado en la disminución del área agrícola y su potencial.

#### **4.4 Características geólogo-geomorfológicas.**

##### **4.4.1 Geología**

El área se caracteriza por estar situado entre la segunda y tercera terraza bien definidas a partir de la costa norte de tipos denudativas que forman parte de una Cuenca Sedimentaria, apareciendo sedimentos terrígenos del Paleógeno, en su parte superior tienen sedimentos carbonatados con nuevos aportes terrígenos, predomina una secuencia margosa cubierta en su parte superior por calizas, se observa un amplio desarrollo de depósitos de sedimentos aluviales del Cuaternario, condicionado por la presencia de la Cuenca del Río Almendares.

##### **4.4.2 Estratigrafía.**

El área está representada por los depósitos terrígenos, terrígenos carbonatados de las secuencias de cuencas superpuestas, correspondientes a la etapa final del desarrollo geológico del Archipiélago Cubano donde aparecen las siguientes formaciones (Figura 2):

**Formación Capdevila:** Representa los depósitos más antiguos, caracterizada por una serie de áreas aisladas cubiertas por los depósitos aluviales del Cuaternario en el extremo sureste del área, la constituyen aleoritas y argilitas de color pardo con tonalidades amarillentas muy intemperizadas. Por su asociación faunística se le asigna una edad del Paleógeno Superior al Eoceno Inferior Temprano.

**Formación Universidad:** Ocupa una amplia extensión en el área, está representada fundamentalmente por margas blancas y blanco-amarillenta que presentan capas de calizas arcillosas del Eoceno Inferior a Medio.

**Formación Husillo:** Se presenta en la parte sur formando parte de algunas elevaciones y cimas residuales, representada por calizas, calizas organógenas y organo- detríticas de grano fino, calizas biotérmicas y calizas fragmentarias, las calizas fragmentarias son calizas autoclásticas de calizas organógenas bien estratificadas. La edad de la formación sobre la base de la microfauna y su posición estratigráfica puede aceptarse como Mioceno Inferior.

**Formación Cojimar:** Es la menos representada en el área, está formando parte de algunos escarpes, compuestos por calizas organógenas, caliza arcillosa y margas calcáreas de color blanco a crema, con estratificación gruesa y con desarrollo de carso superficial en sus afloramientos.

**Depósitos Aluviales:** Tiene un amplio desarrollo en la parte Sur y Este del área, con potentes espesores de más de 4 m. Está asociado al Valle del Río Almendares, en su parte Norte presenta depósitos en forma de banda estrecha asociados intermitente en ambos márgenes del Río Almendares. Esta representada por sedimentos finos a muy finos, arcillosos de color negro, plástico, organógeno, con contenido variable de arena y gravas en el cauce.

##### **4.4.3 Geomorfología.**

Se identificaron 2 tipos fundamentales de relieve predominantes, los cuales de acuerdo a su morfografía y morfometría, se dividieron en llanuras y pequeñas alturas. En general consideramos que el relieve tiene un área relativamente llana y otra ondulada a fuertemente ondulada con algunas alturas. Las llanuras constituyen el tipo fundamental y cubren más del 90% de toda el área, las mismas por su génesis fueron subdivididas en Subtipos, los cuales se exponen a continuación: llanuras fluviales, acumulativas, denudativas y erosivas de alta pendiente. Las alturas conforman pequeños sectores más elevados del área, clasificándose como pequeñas alturas erosivas.

**Llanuras fluviales:** Su distribución en toda el área está asociada al río, se encuentra bien distribuida en ambos márgenes, ocupa más del 20% de la superficie pudiendo ser subdividida en cuatro niveles. Como característica general de los cuatro niveles es que presenta potentes acumulaciones de suelos en ocasiones alterados y mezclados, en la misma se asocian los tipos de suelos de tipo Aluvial y Pardos con Carbonatos.

**Llanura acumulativa:** Está representada por depósitos de pie de monte provenientes de las partes altas aledañas, su composición es de rocas carbonatadas (calizas y margas) de variada granulometría, se distribuye en forma alargada y próxima a la ladera contigua. En esta zona aparecen representados los suelos Fersialítico Pardo Rojizo y Pardo con Carbonatos.

**Llanuras denudativas:** Ubicadas en las superficies altas de cimas aplanadas distribuidas mayormente en la parte superior del municipio, aunque aparece también como pequeños sectores en la parte central, su edad corresponde al Neógeno-Cuaternario. En este tipo de superficie predominan los procesos erosivo denudativos por lo que presentan una cubierta no muy potente de sedimentos, sobre todo en épocas de grandes precipitaciones. Estos fenómenos provocan superficies muy diseccionadas, estando presentes los suelos Pardos con Carbonatos con diferentes grados de erosión.

**Llanuras erosivas de altas pendientes:** Ubicadas en las laderas formando escarpes con inclinaciones superiores a los 45° que están sujetos a los procesos de derrumbe y corrimiento, sobre todo en épocas de grandes precipitaciones. Estos fenómenos provocan superficies muy diseccionadas y su edad es del Neógeno-Cuaternario.

**Pequeñas alturas erosivas petrogénicas:** Representadas por elevaciones aisladas, conformando actualmente restos de alturas residuales. Su edad es Neógeno-Cuaternario. Estas alturas han sido muy modificadas por la acción antropogénica, estando explotadas como canteras.

#### 4.5 Clima

El clima es un factor importante en la formación del suelo y, determinante en el crecimiento de las diferentes especies agrícolas. Desde el punto de vista de la conservación y mejoramiento de los suelos, los índices climáticos que más nos interesan, son la magnitud y distribución temporal de las lluvias y de la temperatura del aire, cuyo comportamiento se expone en las Figuras 3 y 4, para el período 10 años. Los datos climáticos fueron tomados de la Estación de Casa Blanca; siendo la más próxima del área estudiada. De acuerdo con la información analizada, la zona presenta un clima



similar al tipo que caracteriza nuestro país, se corresponde al de Llanuras con humedecimiento alterno, con precipitaciones varían de un año a otro manifestándose algunos cambios en los períodos de lluvia y de seca, de mayo a octubre y de noviembre a abril; las mayores precipitaciones ocurren en los meses de junio y octubre, con una media anual de 1237.8 mm. La temperatura media del aire es de 25°C, con una mínima de 22.2 °C en el mes de enero y una máxima de 27.3 °C entre los meses de julio y agosto.

**Figura 3: Magnitud y distribución temporal de las lluvias.**

**Figura 4: Comportamiento de la temperatura del aire.**

#### 4.6 Vegetación.

La vegetación en general es secundaria producto del grado de explotación urbana en el municipio (Tabla 1) y sólo aparece en determinadas áreas la vegetación primaria, lo cual permite estudiar algunos ejemplos de vegetación primaria y la vegetación secundaria.

Tabla 1. Especies predominantes\*.

Nº	Nombre vulgar	Nombre Científico
1	Cocotero	Coco nucífera
2	Paraíso	Melia azederach
3	Mango	Manguífera índica
4	Algarrobo de olor	Albizzia lebbeck
5	Framboyán amarillo	Peltophorus inerme
6	Framboyán	Delonix regia
7	Majagua	Hibiscus tiliaceus
8	Almácigo	Busera simaruba
9	Pino de Australia	Casuarina equisetifolia
10	Salvadera	Hura crepitans
11	Almendra de la India	Terminalia catappa
12	Guayo Prieto	Petitia dominguensis
13	Ceiba	Ceiba Pentandra
14	Ocuje	Calophyllum antillanum
15	Ateje Amarillo	Cordia dentada
16	Yagruma	Cecropia peltata
17	Jagüey Macho	Ficus Combsi

18	Álamo	Ficus religiosa
19	Aguacate	Persea americana
20	Chirimoya	Annona chirimoya
21	Jagüey Hembra	Ficus Aurea
22	Inga dulce	Pithecello dulc
Nº	Nombre vulgar	Nombre Científico
23	Caña Fístula	Cassia fistula
24	Árbol del Pan	Artocarpus altilis
25	Maboa del País	Chlorophora tinetorea
26	Siguaraya	Trichilia havanensis
27	Palma Real	Roystonea regia

Cont. Tabla 1.

Nº	Nombre vulgar	Nombre Científico
28	Caoba de Cuba	Swietenia mahagoni
29	Guásima Cereza	Muntigia calabura
30	Caimitillo	Chrysophyllum oliviforme
31	Roble Guayo	Vitex Cubensis
32	Cabo de Hacha	Trichilia hirta
33	Zapote	Manilkara zapotilla
34	Mamoncillo	Melicocca bijuga
35	Carolina	Pseudobombax ellipticum
36	Pino	Pinus caribaea
37	Roble	Tabebuia trinitensis
38	Anón	Annona squamosa
39	Algarrobo	Albizzia cubana
40	Teca	Tectona grandis
41	Cedro Macho	Cedrela cubensis
42	Varía Blanca	Cordia Alba
43	Caoba de Honduras	Swietenia Macrophylla
44	Roble Blanco	Tabebuia Angustata

45	Aroma	Acacia ferneciana
46	Dormidera	Mimosa púdica
47	Sacasebo	Paspalum nostatum
48	Marabú	Caillea glomerata
49	Hierba de Guinea	Panicum máximum
50	Hierba fina	Cynodon dactylon
51	Verdolaga	Portulaca plecacea

\*Fuente: Informe del Parque Metropolitano (2005)

## 5.-Resultados y Discusión

### 5.1 Principales indicadores en estudio.

**5.1.1 Suelo \_ clasificación:** El levantamiento de los suelos se realizó sobre la base de recorridos de campo teniendo en cuenta dos trabajos básicos: el Mapa Básico Nacional a escala 1:25 000 y el Estudio de los suelos del Parque Metropolitano de la Ciudad de la Habana a escala 1:10 000 (anexos \_ tabla 2 y 3) , además durante los recorridos se seleccionaron áreas dedicadas a cultivos de hortalizas y viandas del Plan de la Agricultura Urbana, En general se tomaron 66 perfiles de los trabajos mencionados, los cuales representan 1 perfil cada 9 hectárea y la observación de 20 huertos agrícolas. Los suelos encontrados fueron los siguientes (figura

**Fersialítico Pardo Rojizo Típico:** Este suelo ocupa un área de 10.80 ha se caracteriza por encontrarse en estado de evolución sialítica a ferralítica, condicionado por la presencia de mezcla de mineral tipo 2:1 y 1:1 y de sesquióxidos de hierro libre que le confiere al perfil una coloración rojiza en un horizonte determinado. Los suelos Fersialíticos de esta zona ocupan una posición de llano (1% de pendiente) a casi llano (2% de pendiente) y ligeramente ondulado (4% de pendiente) a ondulado (8% de pendiente) tiene una profundidad efectiva que oscila de poco profundo a medianamente profundo, de textura arcillosa, friable con presencia de carbonatos y concreciones, ligeramente plástico, con drenaje general bueno.

El pH en cloruro de potasio toma valores que van de 7.3 a 7.6 evaluándose de ligeramente alcalino, la capacidad de intercambio catiónico (T), alcanza valores desde 22.0 a 36.5 me/100g respectivamente, la cual se evalúa de alta, la humedad higroscópica del suelo seco al aire está entre 9.9 – 13.4%, considerándose alta, el contenido de materia orgánica fluctúa entre 2-4%.

**Pardo con Carbonatos Típicos.** Suelos con evolución sialítica en un medio rico en carbonatos de calcio, confiriéndole al mismo una alta saturación por bases. Ocupan un área de 443.18 ha. En esta zona, los suelos Pardos con Carbonatos Típicos, presentan topografía de llana a alomada (con pendientes de 0.2 a 16 %), textura arcillosa con una profundidad efectiva que se califica de muy poco profundo a medianamente profundo, el contenido de carbonatos aparece desde la superficie y por lo general tiene tendencia a aumentar a medida que se profundiza en el perfil, la

presencia de carbonatos en algunos casos constituye el limitante para la profundidad efectiva en estos suelos. Son suelos de ligeramente plásticos a plásticos, con presencia de gravas y piedras, pequeñas y medianas, el drenaje general es de moderado a bueno de acuerdo a la posición que ocupen.

En lo referente a las características físico-químicas, son ligeramente alcalinos con valores de pH de 7.4 a 7.5, la capacidad de intercambio catiónico (valor T) con valores de 24.8 – 45.5 me/100 g, es alta, la higroscopicidad del suelo oscila de 9.1 a 12.6 % (alta), la materia orgánica tiene valores de 2 – 4 %.

**Pardo con Carbonatos Plastogénico:** Este suelo ocupa un área de 138.27 ha, presenta características similares al subtipo anterior, el proceso secundario de formación es la plastogénesis lo que le confiere al perfil características vérticas, tienen textura arcillosa en todo el perfil, son plásticos y muy adhesivos en profundidad, hasta llegar a la caliza suave donde es friable. La topografía es llana a casi llana, con pendientes de 0.5 a 2 %. El drenaje general es de moderado a deficiente.

Son suelos ligeramente alcalinos (pH 7.4 – 7.7), con fertilidad natural alta (T 27 – 53 me /100 g) de higroscopicidad alta (9.1 – 12.6 %) y contenidos de materia orgánica de 2 – 4 %).

**Húmico Carbonático Típico:** Estos suelos ocupan un área de 455.65ha, se caracterizan por presentar un proceso de humificación, en un medio rico en carbonatos de calcio, son suelos ligeramente alcalinos, con alta fertilidad natural, el complejo adsorbente está dominado por el catión calcio, el contenido de materia orgánica es 4.4 %. Son poco profundos, con drenaje general bueno, se ubican en pendientes ligeramente alomadas.

**Aluvial Diferenciado:** Estos suelos ocupan un área de 4.18 ha, se caracterizan por no presentar un proceso de formación definido, con ausencia de horizontes genéticos bien diferenciados. Sus características físicas, químicas y físico- químicas son variables. En estos suelos el horizonte A está muy bien desarrollado, muy oscuro con más del 3% de humus, desarrollo radicular exuberante, topografía llana, con buen drenaje.

Debe señalarse que una parte del área que ocupan estos suelos, producto de los trabajos del movimiento de tierra, realizados con diferentes fines, se encuentren alteradas debido a la mezcla producida de la capa vegetal en algunos casos y en otras partes de la masa del suelo con material del subsuelo y otros materiales de diferentes tipos adicionados. El pH alcanzó valores desde 7.2 – 7.4 considerándose ligeramente alcalino, la capacidad de intercambio catiónico toma valores de 33.5 a 44.3 me/100g, valorándose de alto, la higroscopicidad del suelo seco al aire es de 6.9 – 10.40% evaluándose de alta, la materia orgánica oscila de 2 - 4%.

**Aluvial Gleysoso:** Este suelo ocupa un área de 1.74 ha, presenta características semejantes al anterior, lo diferencia la presencia de síntomas de hidromorfía definido a partir de la parte media del perfil, es decir se ha producido un proceso de gleyzación a través del perfil, por lo que el drenaje se comporta de moderado a deficiente. El pH en cloruro de potasio va de 7.3 – 7.4, calificándose de ligeramente alcalino, la capacidad de intercambio catiónico se presenta de 39.0 – 42.0 me/100g, evaluándose de alta, la

humedad higroscópica del suelo seco al aire es de 8.5 – 14.30% la cual es alta, el contenido de materia orgánica va de 2 – 4%.

**Esquelético antrópico:** Suelos que se caracterizan por su poca profundidad, rocosidad, pedregosidad y ocupar pendientes pronunciadas. No tienen uso agrícola, sólo pueden establecerse algunos forestales. Ocupan un área de 15.92 ha.

**Ferralítico Rojo Hidratado:** Suelos de color rojo con tonalidades amarillentas en alguna parte del perfil, generalmente producidas por una hidratación por la presencia de un manto colgante de agua estancada debido a la presencia de horizontes más compactos que los superiores. Ocupan un área reducida al suelo del municipio de 14.12 ha. Suelos generalmente profundos a muy profundos, pH ligeramente neutro y de baja fertilidad natural.

**Suelos Antrópicos:** La ocurrencia de estos suelos es debida a la acción del hombre, y está relacionado con el uso y manejo inadecuado que provoca un cambio de sus propiedades en las áreas donde se presentan, para el caso que nos ocupa, tenemos como ejemplo los trabajos de movimiento de tierra efectuados en algunas áreas (fundamentalmente su extracción), siendo usados posteriormente, por un largo período de tiempo como lugares para el vertimiento de desechos urbanos (vertederos). Esto ha motivado que se acumulen residuos con diferentes características, tanto desde el punto de vista orgánico como inorgánico, estas acumulaciones son de diversos tipos, y en dependencia del material y grado de descomposición en algunos casos han dado lugar a suelos que se caracterizan por tener un alto contenido de materia orgánica, presentan una textura ligera, fina, con una consistencia friable, son ligeramente plásticos y poseen buen drenaje.

### **5.1.2 Estudio de suelos a escala detallada. Sector de referencia.**

Dentro de la información incluida en la base de datos matriz, se destaca los estudios a escala detallada de los suelos en el Consejo Popular Pogolotti, (Figura 6) al que referimos como soporte técnico, a los trabajos realizados en el municipio. Se realizó el control de la calidad de la hoja cartográfica del a escala 1:10 000 en el cual arrojó de manera general en que la digitalización se encuentra de manera aceptable (confiable), esto se debe a que el error medio cuadrático de X es solamente de 0,2 y el error medio cuadrático de Y es de 0,0 para un total de error medio cuadrático de XY de 0,2. Representando un por ciento de error de 0,24477 aceptado en la normacubana 19113 y 19114 (anexo\_tabla 4).

#### **5.1.2.1 Propiedades más importantes de los suelos; factores limitantes.**

Las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, determinan que estos cumplan determinadas funciones, como componente del medio ambiente, en los ecosistemas; se ha observado que los valores (indicadores) que caracterizan las propiedades han ido variando en dependencia del uso y manejo que se hayan hecho; expondremos algunos de ellos de acuerdo a la importancia en los procesos de degradación:

**5.1.2.2 Materia orgánica (MO%):** se localiza en la base de datos “Suelos \_ propiedades”, este indicador (Tabla 5), ofrece información sobre el estado de la actividad biológica, además de estar estrechamente interrelacionado con las propiedades químicas; es un reflejo de la degradación de la cobertura vegetal, ocurrencia de procesos erosivos, degradación física y otros factores adversos

**Tabla 5: Evaluación del indicador MO%, en la profundidad de 0 – 20 cm.**

Categoría de contenido de materia orgánica	MO_0_20 (%)
Muy bajo	Menor de 2.00
Bajo	De 2.01 a 3.00
Medio	De 3.01 a 4.00
Alto	De 4.01 a 6.00
Muy alto	Mayor de 6.00

La distribución espacial de la materia orgánica se da en la figura 7, de acuerdo a su comportamiento en sus indicadores, prueba la existencia (área de estudio) de la degradación biológica, lo que indica la influencia negativa que ha tenido el factor antrópico, a través de prácticas no sostenibles, de uso y manejo de los suelos y demás recursos que se interrelacionan entre ellos; de aquí se deriva que más del 70% se reportan valores de bajos a muy bajos (Esc: 1:10 000). Ortiz et. al., 1983 refiere que la falta de materia orgánica promueve condiciones de un suelo compacto, con desarrollo de raíces superficiales y disminución en el almacenamiento de agua en el suelo; por lo que la degradación biológica favorece a la degradación física.

### 5.1.2.3 Erosión hídrica y factores que la determinan:

La erosión es un proceso físico que consiste en la remoción y transporte de los componentes o materiales del suelo por agentes del intemperismo, fundamentalmente la lluvia. Este factor se manifiesta en algunos lugares específicos dentro del área de estudio, provocando la pérdida de las reservas del suelo y nutrientes que son fuentes potenciales de la producción agrícola. Ortiz et. al., (1983) refiere a la erosión hídrica como un proceso primario de degradación con un impacto fuerte y de efectos amplios en la producción; puede aparecer como erosión laminar y, formación de cárcavas (Foto 1); en ambos casos presentes, podemos decir que toda el área estudiada tiene afectación por este factor degradante en mayor o menor grado, el que se caracterizó por presentar un 30% de erosión fuerte a muy fuerte; un 10% de media y un 57% poco erosionado. Esto es consecuencia de la actividad antrópica, como factor importante en la conservación y mejoramiento de los suelos, la que se define por una serie de capas de información y bases de datos, entre las que se destacan la cubierta vegetal como expresión del uso y manejo que se ha hecho de los suelos y del medio ambiente; otros factores a considerar se corresponden a la población, redes viales e instalaciones para diversos fines. Todo el conjunto de estos y otros factores como es el clima, determina la distribución espacial de las categorías de erosión (Figura 8), en la tabla 6 se presentan los indicadores de la erosión.

**Tabla 6: Evaluación de la erosión hídrica del suelo.**

Categoría de erosión	Pérdida de horizontes
Poco erosionado	Pérdida de menos del 25 % del horizonte A
Medianamente erosionado	Pérdida de 25 a 75 % del horizonte A
Fuertemente erosionado	Pérdida desde 75 % de A, hasta 25 % de B
Muy fuertemente erosionado	Pérdida de 25 a 75 % del horizonte B

**5.1.2.4 Profundidad efectiva:**

Es el espesor del suelo que mantiene una consistencia friable que permite el desarrollo y penetración de las raíces de las plantas, puede coincidir o no con la profundidad del suelo; el avance de las raíces de las plantas no se vea limitado por un obstáculo, el que puede tener un origen natural, como es el caso de la presencia de rocas, más o menos compactas y continuas, a poca profundidad; estos casos suelen ocurrir con mayor frecuencia en zonas onduladas, donde se forman los suelos Pardos y Fersialíticos de poco espesor; esta condición se agrava bajo la influencia antrópica, a través de la cual se deteriora la cubierta vegetal y el suelo queda más expuesto a la erosión hídrica. La profundidad efectiva puede estar afectada por la presencia de materiales rocosos, compactación y otros; en todos los casos hay que tener en cuenta estas condiciones, para determinar el uso y manejo más adecuado que debe hacerse a los suelos. En la Figura 9 se muestra la distribución espacial de las categorías presentes en el área y la evaluación de los atributos de la profundidad efectiva en la Tabla 7.

**Tabla 7: Evaluación de la profundidad efectiva de los suelos.**

Categoría de profundidad efectiva	Prof_efec (cm)
Muy poco profundo	< 25
Poco profundo	26 - 50
Medianamente profundo	51- 90
Profundo	91- 150
Muy profundo	> 150

El área en cuestión presenta una profundidad efectiva variable, que va desde poco a muy poco profundo y medianamente profundo la cual se ve afectada por distintos factores que provocan un pobre desarrollo radicular de los cultivos. Este factor limitante representado en un 90% las áreas poco y muy poco profundas.

**5.1.2.5 Graviliosidad:** La graviliosidad no es más que la presencia de fragmentos de elementos gruesos con diámetro entre 0.2 y 7.5 cm., que pueden estar sueltos en la superficie o dentro de la masa del suelo, su expresión es en por ciento. El estudio arrojó

áreas de muy fuerte a fuerte graviliosidad (30%), de mediana graviliosidad (10%) y un 57% de, poca graviliosidad.

**5.1.2.6 Pedregosidad:** La pedregosidad (Figura 10) está dada por la incidencia tanto en la superficie como dentro de la masa del suelo de piedras con diámetros que oscilan entre 7.5-60 cm. (tabla 8), el área que cubren las piedras en la superficie del terreno, crea limitaciones desde el punto de vista mecánico (preparación), e impide el crecimiento de cultivos; y desarrollo radical, disminuyendo la fertilidad del suelo en volumen de tierra fina (Foto 2). El área estudiada presenta afectaciones en este sentido en gradientes que van de pedregoso a muy pedregoso (78%) y moderadamente pedregoso (16%). Este tipo de factor en las áreas que se dedican a cultivos presenta una doble limitación, la primera, que disminuye el rendimiento a esperar en función del mismo y la combinación con la rocosidad y la profundidad efectiva y la segunda, es la obstaculización que brinda el uso de la maquinaria.

Tabla 8: Evaluación del indicador contenido de piedras\*.

Categoría del contenido de piedras	Contenido de piedras (7.5 – 60 cm.)
Excesiva pedregosidad	16 – 90 %
Muy pedregoso	4 – 15 %
Pedregoso	0.2 – 3 %
Moderadamente pedregoso	0.01 – 0.1 %

**5.1.2.7 Rocosidad:** La rocosidad está dada por la presencia de afloramientos rocosos cercanos a la superficie del suelo, provocando una disminución de la profundidad del mismo, el afloramiento de rocas en superficie dificulta grandemente la mecanización agrícola, disminuye el área de suelo a cultivar por unidad de superficie. Esta rocosidad se mide en % de áreas, encontrándose valores que oscilan desde muy rocoso a rocoso (14%).

**5.1.2.8 Carbonatación:** La presencia de  $\text{CaCO}_3$  en el perfil es característica del área estudiada, aumentando su contenido con la profundidad, incrementada además por la presencia de la calera existente en la zona de la cantera, que ha provocado el desarrollo del proceso de carbonatación en las áreas aledañas. El área afectada por este factor es de 120.5 ha.

**5.1.3 Evaluación de la fertilidad:** Se manifiesta desde que el hombre comienza a utilizar los suelos en la agricultura; entonces cuando surge cualquier proceso de degradación en los suelos, se afecta grandemente su fertilidad y la forma más típica es por las pérdidas por la erosión. La fertilidad de los suelos se ha visto afectada por varios indicadores que de una u otra manera ha incidido sobre la misma, como son: La reacción del suelo (pH) es evaluado dentro de la categoría de ligeramente alcalina (Figura 11). El conocimiento de este índice nos permite saber la dependencia que existe entre el pH y la asimilación de los elementos, el desarrollo de los microorganismos y la presencia de elementos tóxicos para las plantas. Los contenidos de fósforo (Figura 12) y potasio (Figura 13) asimilables se encuentran en los rangos de bajo a muy bajo (> 60%), aproximadamente el 50% presenta mediana capacidad de



intercambio catiónico (Figura 14) La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es la propiedad que tienen los suelos de intercambiar cationes con la solución; este valor está en dependencia de los coloides del suelo, tanto inorgánicos (arcillas) como los orgánicos; por esto dependen del contenido de arcilla, tipo de minerales arcillosos presentes y contenido de materia orgánica., es por ello que la fertilidad del suelo está relacionada estrechamente con el valor CIC, un suelo es de baja fertilidad cuando el valor CIC es bajo (Hernández J A.,al., 2006).; la materia orgánica vista con antelación (Figura 7) es evaluada de baja a muy baja (>70%). En la tabla 9 se muestra los indicadores del pH y en la tabla 10 de la Capacidad de Intercambio catiónico.

Tabla 9: Evaluación del indicador pH (en KCL):

Calificación	KCl
Neutral	6.0-7.0
Ligeramente alcalino	7.0-8.0
Medianamente alcalino	8.0-8.5
Alcalino	> 8.6

Tabla 10: Evaluación del indicador CIC

CIC me/100g = $\frac{1}{100} \text{ cmol}(+)\cdot\text{Kg}^{-1}$	Calificación
< 10	Muy baja
10 - 20	Baja
20 - 30	Mediana
30 - 40	Alta
> 40	Muy alta

## 5.2 Clasificación agroproductiva

La actividad evaluativa se lleva a cabo de forma implícita siempre que se analiza si un suelo sirve o no para determinado cultivo, la evaluación de tierras como concepto según FAO 1983 es el proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos y sociales. Esta evaluación considera los aspectos económicos del uso propuesto, sus consecuencias sociales para la población del área y del país en general y las repercusiones benéficas o adversas para el medio ambiente.

La Clasificación Agroproductiva se inscribe en el concepto de evaluación de tierras y expresa como concepto, la unificación y organización de los conocimientos sobre el

potencial productivo de los suelos en un sistema específico para cada cultivo, conociéndose las relaciones entre las unidades clasificadas y la influencia de sus propiedades sobre los rendimientos, para poder predecir su comportamiento y estimar la productividad. Comprende la valoración física de los suelos o de las tierras que incluye aspectos fundamentales del medio. Puede llegar a la evaluación económica que incluye la selección de alternativas de uso, cálculo de insumos tales como fertilizantes, horas máquinas, volumen de agua para riego, etc.

Para este estudio se utilizó el software Agro24 cuyo algoritmo se basa en la determinación de los rendimientos potenciales de los suelos para los cultivos evaluados, teniendo en cuenta las propiedades de los suelos y clima (factores limitantes), características del cultivo y como actúan estos sobre los rendimientos, en base a rendimientos básicos por subtipo de suelos y coeficientes para los diferentes limitantes, utilizando la ley del mínimo. Esto constituye un método inductivo cuantitativo, en el que se utilizan, las características de los subtipos de suelos y 9 factores limitantes que son; la profundidad efectiva, presencia de elementos gruesos en la superficie y el interior del perfil, salinidad, acidez, presencia de aluminio, fertilidad natural medida por la capacidad de intercambio catiónica, compactación, drenaje medido por la velocidad de infiltración, pendiente y precipitación anual para las producciones con régimen de secano; todo con el fin de predecir los rendimientos posibles a alcanzar y determinar la clase agroproductiva de cada suelo, para cada cultivo.

Las categorías agroproductivas se definen por la potencialidad de los suelos de producir cosechas con rendimientos que van:

Categoría I Rendimientos mayores del 70 % del potencial

Categoría II Rendimientos entre el 50 y el 70 % del potencial

Categoría III Rendimientos entre el 30 y el 50 % del potencial

Categoría IV Rendimientos menores del 30 % del mínimo potencial

Los rendimientos mínimos potenciales que se presentan por suelo y cultivo, resultan de la base de datos con que cuenta el Instituto de Suelos en materia de estudios de evaluación de tierras y agroproductividad; en ellos se tienen en cuenta los principales factores limitantes que pueden ser característicos de un tipo de suelo.

De acuerdo con estos criterios sólo se recomiendan para el establecimiento de los diferentes cultivos, las categorías I y II, los de categoría III sólo en algunos casos y nunca los de categoría IV. En general los suelos de categoría IV para pastos se recomiendan para el establecimiento de forestales.

Se determinaron también, en base a 10 cultivos, que representan un amplio margen de adaptabilidad, los coeficientes de agroproductividad para cada una de las unidades cartográficas los que se muestran en anexos las Tablas 11 y 12, los cultivos son:

Cítricos

Plátano fruta

Papa

Tomate

Tabaco  
Café  
Frijoles  
Caña de azúcar  
Arroz  
Pastos

El coeficiente general del municipio es II en condiciones de riego y III en condiciones de secano de acuerdo a los niveles de precipitación en el mismo.

Los principales factores limitantes lo constituyen la profundidad efectiva, la pendiente predominante y la pedregosidad.

Con respecto al primero pudiera incrementarse en algunas áreas con la formación de suelo, lo cual resulta muy costoso; también se pueden lograr mejores resultados en algunos cultivos de raíces poco profundas con la aplicación de materia orgánica que mejora la estructura del suelo y aporta nutrientes al mismo, la descompactación puede ser utilizada en los suelos compactados por la maquinaria.

La pedregosidad donde sea posible su eliminación, aumenta el área de suelo que pueden explorar las raíces, así como agiliza el uso de la maquinaria agrícola.

Se resume en anexos \_ tablas 13 y 14, la agroproductividad de los suelos estudiados en el municipio para los cultivos evaluados en condiciones de riego y de secano, se anexan además todos los mapas temáticos por cultivo y condición agrotécnica en ambas escalas.

### **5.3 Otras capas de información y bases de datos:**

Como apoyo para el análisis, se utilizó información hidrogeológica e hidrológica, así como el modelo de elevación digital del terreno, la cual se encuentra en las respectivas capas de información y bases de datos, que conforman el “SIG-Mcpio Mnao”; en el mismo también se encuentran las capas que definen límites y base cartográfica, como son el Sistema de Coordenadas, Georreferencia.

#### **5.3.1 Contaminación:**

Estas zonas presentan como característica general los efectos producidos por la acción antrópica quien ha modificado el curso del Río Almendares y disminuido su caudal, así como ha causado grandes alteraciones en los suelos, provocando la disminución en muchas áreas de su uso agrícola; otro aspecto importante es la contaminación que posee el área total, dada por la presencia de zonas con vertimientos de desechos variados (Foto 3), similar comportamiento presenta la red hidrográfica (Foto-4) la cual recibe el aporte de aguas albañales ya sea de los barrios de la periferia de Marianao y otros municipios (Foto 5), como los contaminantes aportados por decenas de Centros fabriles dentro y fuera del área del Municipio. Se consideran todas las sustancias tóxicas o contaminantes que el hombre vierte en el suelo. Como resultado de la actividad industrial, muchas veces los residuos se trasladan por las corrientes de agua.

En diversas industrias se van acumulando y poco a poco va contaminando las aguas y estas a su vez a los suelos (Hernández et., al.2006).

La acción del hombre, relacionado con el uso y manejo inadecuado ha provocado un cambio de sus propiedades en las áreas donde se presentan, tenemos como ejemplo los trabajos de movimiento de tierra efectuados en algunas áreas (fundamentalmente su extracción), siendo usados posteriormente, por un largo período de tiempo como lugares para el vertimiento de desechos urbanos (vertederos). Esto ha motivado que se acumulen residuos con diferentes características, tanto desde el punto de vista orgánico como inorgánico, estas acumulaciones son de diversos tipos, y en dependencia del material y grado de descomposición en algunos casos han dado lugar a la contaminación de estas áreas que en algunos casos con menor grado de descomposición se presentan como pérdida de la capa vegetal a distintas profundidades por la adición de otros materiales con residuos de escombros y material dragado del río; mezcla de materiales producto de las excavaciones y los llamados “Basureros” (Foto 3), donde son vertederos de desechos urbanos tanto orgánicos como inorgánicos sin descomponer y en muchos casos mezclados con el suelo (Figura 15). Se llama a tener extremo cuidado con el empleo de residuales orgánicos de origen urbanos, por el alto riesgo de contaminación con metales pesados entre otros, al respecto Muñiz y colaboradores (2010); estudiaron la posible influencia del contenido de metales pesados (MP) en las diferentes fuentes de nutrientes empleadas en la agricultura cubana sobre el suelo y la calidad de los productos agrícolas con énfasis en los abonos orgánicos y señalan que el empleo de los composts obtenidos a partir de Residuales Sólidos Urbanos, no resulta recomendable, toda vez que con frecuencia tienen contenidos de metales pesados como el Plomo, que son sumamente perjudiciales para la salud del hombre; el mismo autor detectó contenidos elevados de plomo (Pb) en los canteros en cuya construcción se empleó desechos urbanos (Organopónico las Margaritas en calle 100 y Ave 51).

Otro aspecto de análisis se corresponde al uso de aguas de riego de mala calidad (Foto 6), ausencia en parte de la faja hidrorreguladora del río Almendares y afluentes y contaminación del mismo por la acción degradante del hombre, principalmente por encontrarse formando parte de la ciudad, con la consecuente presión demográfica e industrial. Debe señalarse que antes del triunfo de la Revolución, la gestión de los organismos oficiales era prácticamente nula, en la instauración de políticas que protegiesen el medioambiente y en el caso que nos ocupa la red fluvial antes mencionada. El sistema cuenta con el río Almendares como red fluvial principal, siendo sus tributarios en esta área de la cuenca los ríos Mordazo, Orengo y Santoyo, así como alguna corriente aislada fundamentalmente de tipo intermitente. Todas las tributaciones así como el propio río presentan en la actualidad una contaminación de sus aguas elevada; producida fundamentalmente por albañales, grasas automotores (hidrocarburos), desechos industriales y otros. Por otra parte la deforestación que ha sufrido el área ha sido elevada de modo que se han ido acentuando los procesos erosivos, los cuales se han hecho más serios en las riveras de los cauces por encontrarse estos desprotegidos, provocando procesos de derrumbes en los taludes, aparición y crecimiento de las cárcavas en los márgenes, así como azolvamiento en muchos tramos de la red fluvial.

## 6 Sistema de Toma de decisiones (STD).

Tiene como objetivo de ofrecer un Sistema de Toma de Decisiones, a para lograr que los directivos del municipio, cuenten con una herramienta moderna y aplicable para la toma de decisiones que les facilite a los Decidores el trazado de estrategias, encaminadas a la conservación y mejoramientos de los suelos y del Medio Ambiente.

### 6.1 Métodos.

El avance fundamental que se registra ahora, desde el punto de vista metodológico, es la profundización del trabajo multidisciplinario, para la identificación y caracterización de los problemas de carácter específico y de las alternativas de soluciones. Además, se aplica la tecnología SIG, para expresar la distribución espacial de dichos problemas, con las bases de datos necesarias, que garantizan salidas útiles para los Decidores.

Uno de los aspectos más significativo para el Sistema propuesto, es la posibilidad de obtener zonas de combinación de problemas, a los cuales se les pueda aplicar medidas con alto nivel de impacto, tanto en lo económico, como medioambiental y social. La idea tiene su fundamento en los trabajos de Van Westen (1993, 1997), quien desarrolló el método denominado Reclasificación y Superposición de Mapas, con el cual obtuvo mapas resultantes sobre peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo.

Diez (2002), realizó análisis de riesgos de inundaciones fluviales y obtuvo mapas de vulnerabilidad, los cuales muestran zonas con diferentes grados de complejidad, en las cuales se superponen diferentes factores. Esta línea de pensamiento es utilizada por Garea et. al., (2002), para determinar zonas de combinación de problemas y posibles soluciones, a partir de su identificación y caracterización, realizada a través del trabajo multidisciplinario. En el período 2001-2003, desarrolló y validó el método denominado Suma Combinación y Descomposición de identificadores (Garea, 2003), el cual, en la actualidad, es utilizado en el módulo Toma de Decisiones, del Sistema Integrado SIMONIT (Rivero L., et, al, 2005, 2007).

## 6.2. RESULTADOS

### 6.2.1 Mapa de combinación de problemas.

Constituye una salida, que cumple dos objetivos esenciales: tener la identificación de los problemas (Tabla 15) y su distribución espacial de forma sintetizada, en un solo mapa digital, de fácil manejo por los Decidores para trazar la estrategia de conservación y mejoramiento agronómico; utilizar ese mapa como base para el seguimiento del área, desde el punto de vista medioambiental.

Tabla 15: Reordenamiento de los problemas (de menor a mayor importancia)\*.

P <sup>#</sup>	Enunciado del problema	Identificación	Kn
P <sup>1</sup>	Poca a moderada erosión	Categorías de erosión	1
P <sup>2</sup>	Bajo a muy baja MO%	MO% <3.00	2

P <sup>3</sup>	Poca profundidad efectiva	25 – 50 cm.	4
P <sup>4</sup>	Moderada a muy fuerte gravas y piedras		8
P <sup>5</sup>	pH ligeramente alcalino	7.1 – 8.0	16
P <sup>6</sup>	Media capacidad de Intercambio catiónico	20 - 30	32
P <sup>7</sup>	Bajo a muy bajo contenido de fósforo Asim.	< 3.0	64
P <sup>8</sup>	Bajo a muy bajo contenido de potasio Asim.	< 30	128
P <sup>9</sup>	Rocoso y muy rocoso		256
P <sup>10</sup>	Prof., efectiva muy poco profundo	Prof., efectiva < 25 cm	512
P <sup>11</sup>	Fuerte erosión	Categorías de erosión	1024
P <sup>12</sup>	Muy fuerte erosión	Categorías de erosión	2048
P <sup>13**</sup>	Ríos y embalses desprotegidos por cultivos	Normas de protección	-*
P <sup>14**</sup>	Contaminación	Control de calidad	-*

\*Base de datos del SIG-Mnao\_STD.

\*\* P<sup>13</sup> y P<sup>14</sup> de carácter no edáfico.

En la Base de datos Matriz del Sistema de Toma de Decisiones “STD\_SIG-Mnao”, se tienen relación de cada contorno de suelo y posibles problemas, donde se refiere el análisis de la información del mapa de combinación de problemas (Anexo\_Tabla 16), las alternativas de soluciones, para el “Sistema de Toma de Decisiones (Anexo\_Tabla 17), información del mapa de combinación de problemas y soluciones (Anexo\_Tabla 18) e información variada, entre las que sobresalen la identificación de los suelos\_propiedades\_comportamiento químico y otras; lo que posibilita relacionar cualquier atributo de la Base de datos entre sí.

El listado de problemas, a la izquierda del mapa, aparece cuando se da clic en uno de los contornos, en este caso del ejemplo que se muestra en la Figura16 identificamos el contorno\_1, donde se manifiesta un proceso degradativo físico, ocasionado por una muy fuerte erosión.

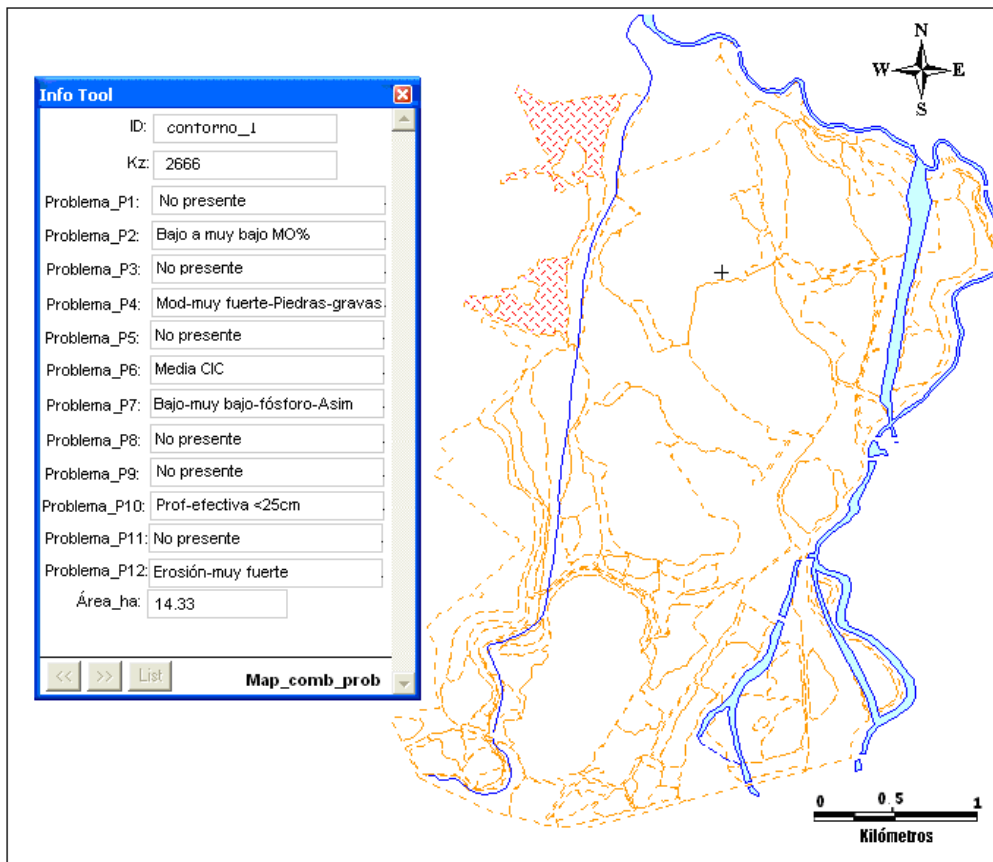


Figura 16. Mapa de combinación de problemas, correspondiente al contorno\_1 Consejo Popular Pogolotti. Escala de trabajo 1:10 000.

### 6.2.2 Mapa de alternativas de soluciones

Los problemas que se generan, como resultado de la interacción entre los procesos y los factores, se dividen en dos categorías principales: problemas de carácter general y problemas de carácter específico. Un mismo problema de carácter general genera diferentes problemas de carácter específico, aspecto que tiene gran importancia, a la hora de decidir la alternativa de solución a aplicar. Por este motivo, cada contorno de suelo o sección en que se divide el área, debe tener su grupo específico de alternativas (Anexo \_ tabla 17). En el caso de esta área, las alternativas estarían dirigidas a contrarrestar los efectos adversos que se ocasionaron en la misma.

Cada alternativa de solución (Anexo-Tabla 17) y, su vínculo con los problemas (Anexo-Tabla 18) están dirigidos a provocar un efecto específico, pero, al mismo tiempo, incide sobre el mejoramiento general del área. Por ejemplo, la aplicación de materia orgánica no solo aumenta el contenido de esta en el suelo, sino que también modifica el comportamiento físico y biológico, el aprovechamiento del agua por los cultivos y, otros efectos positivos.

Para facilitar el manejo del mapa de combinación de problemas y las alternativas de soluciones exponemos a modo de ejemplo donde se identifica el problema “P<sup>12</sup>”

(erosión muy fuerte) que afecta al contorno\_1 y las posibles soluciones referidas a este problema (Figura 17).

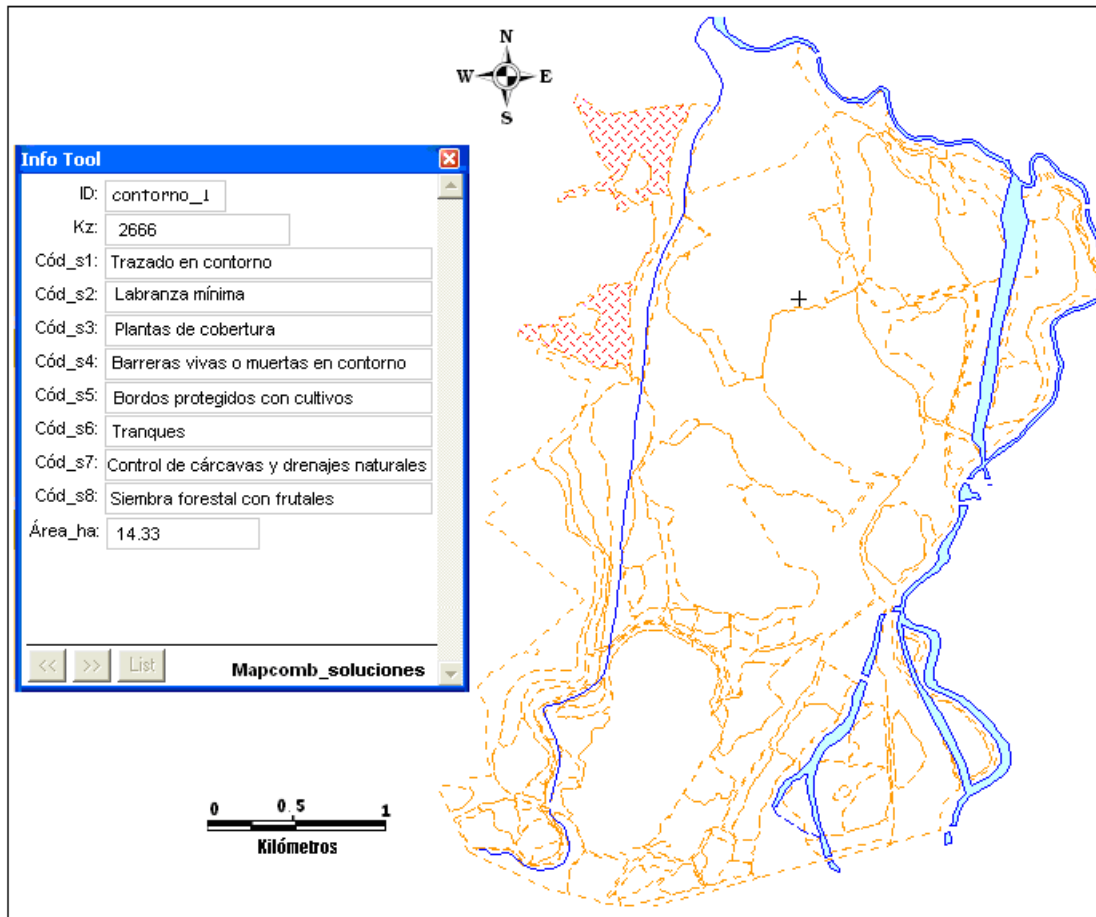


Fig.17 Mapa de combinación de soluciones: contorno\_1\_ problema “P<sup>12</sup>\_grupo de soluciones. Consejo Popular Pogolotti. Escala de trabajo 1:10 000.

Como se señaló los referidos mapas (Figuras 16 y 17), se combinan los problemas y soluciones en uno solo, por cada contorno de suelo; esta operación puede efectuarse en cualquier lugar de interés en particular, convirtiéndola en una fuente de información integrada de inestimable valor para los decisores referente a la política a establecer en materia de Conservación y Mejoramiento de los suelos en los programas de recuperación. La conversión de la información, en herramienta para la toma de decisiones, se logra a través de los mapas integrados de problemas y de alternativas de soluciones, de gran utilidad práctica por los Decisores que inciden sobre las áreas de trabajo. Los referidos mapas, constituyen la base para implementar medidas de recuperación y mejoramiento de suelos y dar seguimiento de la evolución del área, a corto, mediano y largo plazo.

## 7 Actividades de Capacitación.



7.1 Se realizaron dos talleres de capacitación y uno práctico, con un total de 40 participantes con los títulos: Medidas y prácticas de conservación en áreas forestales, Compost y humus de lombriz y Medidas de conservación y diseño de la plantación en la faja forestal del río, en las fechas, 18/7/09, 18/11/09. Con un resultado satisfactorio.

- Los productores y campesinos comprendieron el fenómeno de la erosión, así como las prácticas de conservación más utilizadas en Cuba.
- Los participantes recibieron todos los conocimientos necesarios para elaborar compost y humus de lombriz.
- Los productores se familiarizaron con las medidas de conservación y con el empleo de instrumentos como el caballete y la T, para el diseño de la plantación.

7.2 Asesoramiento individual referente a medidas de conservación y elaboración de compost. Se visitaron las parcelas y se pudo comprobar que los productores aplicaron los conocimientos adquiridos en los talleres impartidos anteriormente. Con una participación de 7 productores.

7.3 Selección de áreas demostrativas. De las áreas existentes de trabajos se seleccionaron dos fincas una que se dedica a la actividad de cultivos varios y otra a la forestal. Con una participación de 5 productores.

7.4 Visita a las fincas. Se comprobó el uso de medidas sencillas para detener el proceso de erosión como: las coberturas vivas y muertas, asociación de cultivos, siembra de árboles en la faja forestal. Con una participación de 10 productores.

7.5 Conferencias sobre Agricultura de Conservación. A los participantes se les explicó que la Agricultura de Conservación es la combinación de las medidas agronómicas, biológicas y mecánicas que mejoran la calidad del suelo y deben detener gradualmente el proceso de erosión. Con una participación de 25 productores

7.6 Entrega de plegables para la conservación de los suelos. Los productores se han sensibilizados sobre la necesidad de proteger los recursos naturales como el agua, el suelo, los bosques e iniciar su recuperación. Con una participación de 46 productores.

7.7 Visita a las áreas demostrativas. Durante el recorrido se pudo intercambiar con los productores dejándole algunas recomendaciones para mejorar el trabajo en las fincas. Se realizaron 7 visitas.

7.8 Certificación de las medidas de conservación de suelos y producción de abonos orgánicos. Como resultado del Proyecto en las fincas se ejecutaron medidas de conservación de suelos y se inició la elaboración de abonos orgánicos. Este trabajo fue validado por el Grupo de Desarrollo de la Delegación Provincial de la Agricultura y se certificó por este concepto a cuatro campesinos de la CCS Cuba Socialista por un valor de \$ 7 550.69. Con fecha del 16 de Noviembre 2010.

## **8 Conclusiones.**

8.1 Se realizó un sistema de información “SIG-Mcpio Mnao”, que incluye una base informativa contenida en una base de datos Matriz en formato digital (“BD\_Matriz”) que identifican elementos cartográficos; informes de texto; e información alfa numérica diversa, entre las que se destacan: Suelo\_Propiedades\_Comportamiento químico; problemas y, soluciones, etc.

8.2 Se entregan los procedimientos prácticos del Sistema de Toma de Decisiones “STD” y, definición de los principales problemas y soluciones presentes en el área estudiada a escala detallada.

8.3 Se identificaron los suelos Pardos Sialíticos; Fersialíticos; Húmico Silícicos; Fluvisol; Poco Evolucionados y los Hísticos y los principales factores; procesos degradativos incidentes entre los que se destacan: la degradación física, biológica y degradación de la cubierta vegetal como las de mayor efecto y los factores limitantes presentes en el área como son: profundidad efectiva (de poco a muy poco profundos); erosión (de fuerte a muy fuerte y moderada); pedregosidad, graviliosidad y, rocosidad, (de moderada a fuerte) y, baja fertilidad (valores bajos en materia orgánica, fósforo y potasio asimilables y presencia de ligera alcalinidad) .

8.4 Se detectó la utilización de aguas contaminadas no aptas para el riego; presencia de cárcavas, contaminación del río y, ausencia (en parte) de la franja forestal hidrorreguladora del río Almendares.

## **9 Recomendaciones.**

9.1 Realizar el saneamiento de las áreas ocupadas por basureros y escombros, que se encuentran diseminados por toda el área.

9.2 Fomentar la reforestación en las zonas de barrancos y pendientes escabrosas para tratar de detener los procesos erosivos y controlarlos.

9.3 Fomentar los trabajos de corrección de cárcavas en las fajas hidrorreguladoras del río Almendares.

9.4 Efectuar recogida de piedras en las áreas que lo requieran de acuerdo a los resultados de este estudio.

9.5 Monitorear los residuales que se vierten en el río Almendares por las diferentes industrias existentes en el perímetro del mismo, para su regulación, teniendo en cuenta la política de estrategia ambiental con respecto a las cuencas hidrográficas.

9.6 Para la protección del cauce del río Almendares y afluentes, establecer una faja hidrorreguladora a ambas márgenes.

## **10 – Bibliografía**

**Balmaseda, C. (2006):** Contribución Metodológica para la inserción de Información Edafológica en Infraestructura de Datos Espaciales. Estudio de Caso: Mapa Nacional

de Suelos a escala 1:25 000. Tesis de Doctorado. Universidad Agraria de La Habana; La Habana.

**Dirección Nacional de Suelos y Fertilizantes, (1968).** Mapa de Suelos escala 1.50 000 Provincia La Habana.

**Diez, A. (2002):** Aplicaciones de los SIG al análisis del riesgo de inundaciones fluviales. En el libro "Los Sistemas de Información Geográfica en la gestión de los riesgos geológicos". Madrid, 288 pp.

**Fuentes, A.: (2001).** Manual Técnico de estabilización y forestación de cárcavas en Cuencas hidrográficas. 43 pp., Agrifor, Ciudad de la Habana

**Fuentes, A; Castellano P. N; Couso C. P; Cárdenas A y Pérez J. J (2004):** Indicaciones prácticas de conservación de suelos para los agricultores. (Ingeniería medio ambiental). Instituto de Suelos. AGRINFOR. MINAG.75pp.

**Fuentes, A., S.; Couso C., P.; Morales, R., R; Bosch, D., I. y, Peña, V., O: (2005):** Estudio de factibilidad de los suelos del Parque Metropolitano de Ciudad de La Habana.

**García. P.: L. (2002):** Producción Integrada: Una alternativa en el tránsito a la Agricultura. Rev. Agric. Orgánica. ISSN 1028-2130 Año 8. Nº 2. p 21-22.

**Garea, E.; Vega, H.; Rivero, L; Gálvez, V. (2002):** Metodología para optimizar las medidas de conservación y mejoramiento de suelos y otros componentes del medio ambiente en unidades de producción agropecuaria. Trabajo presentado al XIV Forum de Ciencia y Técnica. Instituto de Suelos, 15 pp.

**Garea E. (2003):** Perfeccionamiento del manejo de la información de suelos en las Regiones Montañosas de Cuba mediante técnicas digitales. Tesis de Doctorado. Instituto Técnico Militar "José Martí". La Habana, Cuba.

**Geocuba (1998):** Mapa 1:25 000 de la provincia Habana Edición 2 (ICGC, 1998), antiguo Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía.

**Hernández, A.; Pérez Jiménez, J.; Bosch, D.; Rivero, L. y otros (1999).** Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura; La Habana, 64 pp.

**Hernández, J. A; Ascanio, G. O; Morales, D. M; Bojórquez, S. J; García, C. N; y García, P.J. (2006):** El suelo: Fundamento sobre su formación, los cambios globales y su manejo. ISBN 968833072-8. Universidad Autónoma de Mayarit. México 255p.

**Instituto de Suelos (1975):** Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba Academia Ciencias. Cuba 25 p.

**Instituto de Suelos. (1995).** Metodología para la cartografía detallada y evaluación Integral de los suelos.

**Instituto de Suelos y Centro Nacional de Suelos y Fertilizantes, (1995).** Metodología para la Cartografía Detallada y Evaluación Integral de los Suelos. (Mimiografiado 60 p.)

**Martín, G., (2001):** Perfeccionamiento del manejo de la información en las Regiones Especiales de Desarrollo Sostenible de la República de Cuba, mediante la aplicación de técnicas de avanzada. Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas; Instituto Técnico Militar "José Martí"; La Habana; 107 pp.

**Martínez, R. F; Calero, M. C; Nogales, V y Rovesti, L. (2003):** Lombricultura. Manual Práctico. MINREX. 99 p.

**Munsell Soil Color Charts, 1975.**

**Muñiz, O; Rodríguez, Mirelys; Montero, A; Martínez, F; Linares, T; Joubert, Odalys; Orphee, Mercedes; Estévez, J; Calero, B; Alcántara, Flauvia, A y Aguiar, Adriana. (2010):** Efecto del empleo de composts contaminados con metales pesados en la producción de hortalizas. Congreso 45 aniversario del instituto de Suelos y 25 Aniversario de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, La Habana. En CDRom.

**NCISO10392:1999:** Determinación de pH.

**NC 52:1999:** Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio.

**NC36:1999:** Métodos para la determinación de la erosión potencial de los suelos

**NC 51:1999:** Determinación del porcentaje de Materia Orgánica.

**NC 65: 2000:** Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de los cationes intercambiables del suelo.

**NRAG166:79:** Manual Técnico del Mapa Escala 1:25000

**NC-ISO-11277:** determinación de la textura.

**Ortiz, S. M; Anaya, g. M y Berg Wolf. J. (1983):** Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. CONAZA. México. 149 p.

**Paneque (J), Mesa (A) Vázquez (H), Morales (R) y Suárez (O), (1977).** Manual de Levantamiento de suelos. Bases Técnicas para la Cartografía de los Suelos. (Mimiografiado. 139 p)

**Ponce de León, D. y C. Balmaseda (2004):** Manual. Fundamentos Teórico – Prácticos de Sistemas de Información Geográfica. Universidad Agraria de La Habana; La Habana, 74 pp.

**Rivero, L.; Sánchez, I.; Otero, L.; Navarro, N.; Gálvez, V. (2002):** Resultados de la aplicación de un Sistema de Información, Monitoreo y Soluciones Tecnológicas en áreas agrícolas de la cuenca Guantánamo-Guaso afectadas por la salinidad. Rev. Cultivos Tropicales, 23(4), p. 23-26.

**Rivero, L; Gálvez, V; Garea, E.; Sánchez, I. y otros., (2003):** Sistema Integrado para la toma de decisiones, dirigidas a la conservación y mejoramiento de los suelos y del Medio Ambiente en Cuencas Hidrográficas y Unidades de Producción Agropecuaria. Trabajo Premio Organismo; Instituto de Suelos, 64 pp.

**Rivero, L; Garea, E; Gálvez, V; Sánchez, I. y otros autores (2005):** Sistema Integrado SIMONIT. Fundamentos, Descripción y Resultados de su aplicación. Textos del Instituto de Suelos; La Habana; 94 pp.

**Rivero, L; Garea, E; Gálvez, V; Sánchez, I. y otros autores (2005):** Sistema Integrado SIMONIT. Manual de Usuario. Textos del Instituto de Suelos; La Habana; 94 pp.

**Rivero, L., López, S., Ortega, H. y otros autores (2007):** Creación de un Sistema de Toma de Decisiones para la cuenca Chambas. Informe Final de proyecto, Instituto de Suelos; La Habana; 40 pp.

**Suárez (0), Cancio (R), Clemente (B) y Pacheco (E), (1977):** Manual de Levantamiento para el Mapa Nacional de Suelos escala 1: 25 000. Instituto de suelos 233 p

**Van Westen, C. J. (1997):** Hazard, vulnerability and risk analysis. ILWIS for Windows, Application Guide. ILWIS department, ITC, Holland.