

# DIAGNÓSTICO DE LA DEGRADACIÓN Y VULNERABILIDAD A LA DESERTIFICACIÓN DE LAS TIERRAS EN CUBA

Área Temática: Espacios Rurales, Agricultura y Seguridad Alimentaria

*Antonio Vantour Causse<sup>1</sup>, Reino Orlay Cruz Díaz<sup>1</sup>, Maribel Páez Moro<sup>1</sup>  
Gustavo Martín Morales<sup>2</sup> y Rene Pablo Capote López<sup>3</sup>*

1. Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación, CITMA; calle 20, Nº 4103, entre 18ª y 47, Miramar, Playa, La Habana, Cuba. Teléfono 206-05-33, FAX: 202-93-72; E-mail [avantour@citma.cu](mailto:avantour@citma.cu); [orlay@citma.cu](mailto:orlay@citma.cu); [maribel@citma.cu](mailto:maribel@citma.cu).
2. Instituto de Geografía Tropical (IGT), CITMA; calle F, Nº 5636, entre 13 y 15, Vedado, Plaza de la Revolución La Habana, Cuba. Teléfono 832-11-08, FAX: 832-97-86. E-mail [gustavo@geotech.cu](mailto:gustavo@geotech.cu).
3. Instituto de Ecología y Sistemática (IES), AMA-CITMA; carretera de Varona Km. 3 ½, Capdevila, AP 8029, CP 10800, Boyeros, Ciudad de La Habana, Cuba. Teléfono: 57-80-10, FAX: 57-80-12 E-mail [direccion.ies@ama.cu](mailto:direccion.ies@ama.cu).

## RESUMEN

La República de Cuba es un archipiélago formado por más de 1600 islas, islotes y cayos. Esta condición insular generó un conjunto de factores y procesos pedogenéticos que dieron lugar a una elevada diversidad pedológica, representada por 13 Agrupamientos de Suelos, donde sobresalen los de naturaleza alítica, ferrítica, ferralítica, fersialítica y sialítica. En el territorio cubano existe una estrecha interrelación entre los factores biofísicos y socioeconómicos como agentes degradantes de los recursos edáficos, en particular, los que se relacionan con la agricultura. A partir de la información obtenida y reclasificada, mediante la aplicación de una metodología que incluye herramientas de la Geomática, se diagnosticó el estado de la degradación de las tierras del país y su vulnerabilidad a procesos de desertificación. Los resultados demostraron que en el territorio nacional, el 59,95 % de los suelos están en un estadio de medianamente degradado a degradado, siendo los procesos de acidificación, erosión, compactación, mal drenaje, salinidad y la baja fertilidad natural, los más representativos de esta degradación. Como consecuencia de estos procesos un 57,37 % de la superficie del país clasifican en las categorías de área medianamente a muy alta vulnerabilidad a la desertificación, destacándose por este indicador la llanura sur de Pinar del Río, el norte de las provincias Camagüey-Las Tunas, el Valle del Cauto y el Valle de Guantánamo. A partir de la Base de Datos y el SIG diseñado, se confeccionaron para cada uno de estos flagelos degradantes un mapa en formato digital a escala 1:250 000, así como se propone una estrategia para el manejo de las tierras degradadas que tienen en cuenta los sistemas de labranza conservacionista, la rotación de cultivos, el uso de riego eficiente y el manejo integrado de nutrientes, en función de incrementar su fertilidad y productividad, como base para el desarrollo en estos sitios de una agricultura sostenible.

**PALABRAS CLAVES: SIG, DIAGNÓSTICO, DEGRADACIÓN, TIERRA**

# DIAGNÓSTICO DE LA DEGRADACIÓN Y VULNERABILIDAD A LA DESERTIFICACIÓN DE LAS TIERRAS EN CUBA

*Antonio Vantour Causse<sup>1</sup>, Reino Orlay Cruz Díaz<sup>1</sup>, Maribel Páez Moro<sup>1</sup>  
Gustavo Martín Morales<sup>2</sup> y René Pablo Capote López<sup>3</sup>*

1. Dirección de Ciencia, Tecnología e Innovación, CITMA; calle 20, N° 4103, entre 18ª y 47, Miramar, Playa, La Habana, Cuba. Teléfono 206-05-33, FAX: 202-93-72; E-mail [avantour@citma.cu](mailto:avantour@citma.cu); [orlay@citma.cu](mailto:orlay@citma.cu); [maribel@citma.cu](mailto:maribel@citma.cu).
2. Instituto de Geografía Tropical (IGT), CITMA; calle F, N° 5636, entre 13 y 15, Vedado, Plaza de la Revolución La Habana, Cuba. Teléfono 832-11-08, E-mail [gustavo@geotech.cu](mailto:gustavo@geotech.cu).
3. Instituto de Ecología y Sistemática (IES), AMA-CITMA; carretera de Varona Km. 3 ½, Capdevila, AP 8029, CP 10800, Boyeros, Ciudad de La Habana, Cuba. Teléfono: 57-80-10, FAX: 57-80-12 E-mail [direccion.ies@ama.cu](mailto:direccion.ies@ama.cu).

## I. INTRODUCCION

La degradación ambiental es un tema de preocupación y ocupación en la mayoría de los países del mundo, además, es centro de atención de manera significativa en múltiples foros internacionales, en cuyos espacios se debate las vías para solucionar o mitigar esta problemática. Esto se debe a las innegables afectaciones que como consecuencias de las actividades humanas se están produciendo en el clima, los recursos hídricos, edáficos y la biodiversidad, (Rodríguez, 2010; CITMA, 2014).

Nadie pone en duda de que el suelo es un recurso natural no renovable, cuya gestión resulta esencial, tanto para asegurar una producción agropecuaria sustentable, como en lo concerniente a la protección de los ecosistemas (Finke, *et al*; 1999). Actualmente aumenta el reconocimiento del creciente deterioro de los recursos edáficos como consecuencia de las actividades humanas, en tal sentido, se requieren con urgencia políticas que racionalicen su uso. Sin embargo, para que estas políticas tengan éxitos, deben sustentarse en la información edafológica en su contexto espacio-temporal, con lo cual es factible valorar, tanto su potencial productivo como sus inherentes riesgos de degradación y desertificación debido a los diferentes tipos de explotación (Dorronsoro, 2006 ).

Cuba no escapa a la problemática de la degradación de los suelos que hoy enfrenta la comunidad internacional. Durante los últimos diez años se han producido significativos y visibles cambios ecológicos en el país, en algunas áreas es notable el deterioro de la capacidad productiva de las tierras. Estos fenómenos al parecer son el resultado de los cambios globales contemporáneos, así como de la actividad antrópica en el manejo inadecuado del suelo y el agua y otros factores productivos, generando procesos de compactación, erosión, salinidad, mal drenaje y pérdida de la fertilidad en los recursos edáficos (Instituto de Suelos, 2001; CITMA, 2006).

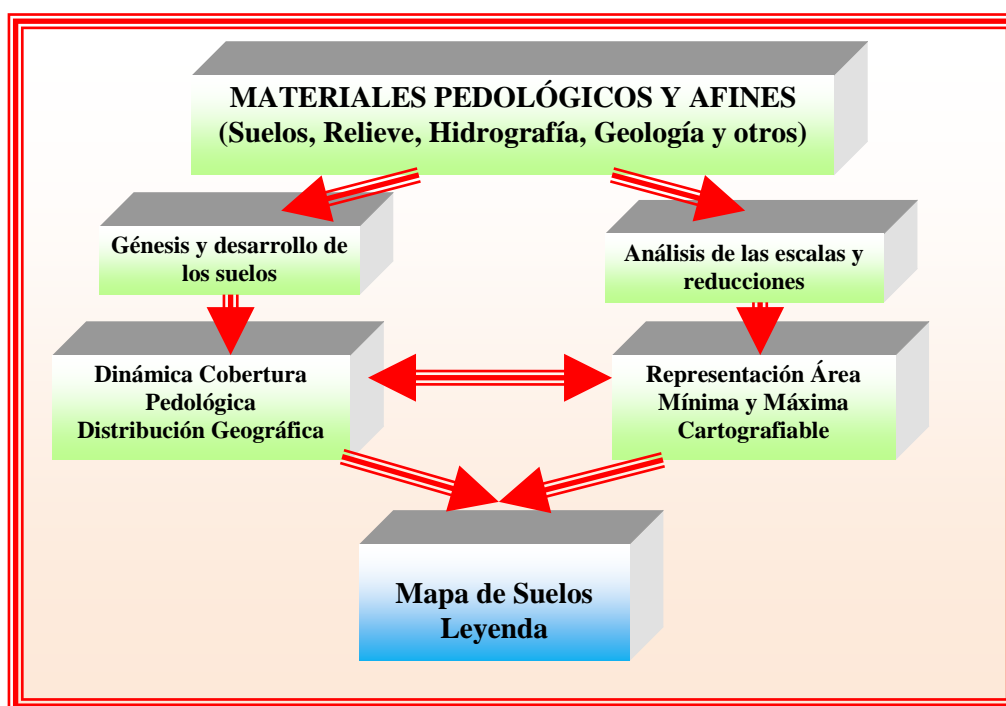
Por otra parte, teniendo en cuenta la problemática ambiental del país, en particular, la relacionada con los recursos edáficos, varias instituciones científicas (Instituto de Suelos, 2006; Instituto de Meteorología, 2008; Instituto de Geografía Tropical, 20014; etc.), así como diversos investigadores nacionales (Rivero, *et al*; 2001; Cruz, *et al*; 2008; Vantour, *et al*; 2010), desarrollaron varias metodologías para diagnosticar la degradación y vulnerabilidad de las tierras a la desertificación.

En este trabajo se exponen varios resultados acerca de la degradación y vulnerabilidad a la desertificación de las tierras en la República de Cuba, con el objetivo de conocer la magnitud de este fenómeno y para que se establezcan las medidas correspondientes para su mejoramiento.

## II. MATERIALES Y METODOS

El proyecto para evaluar el estado de la degradación y la desertificación de las tierras abarcó toda la superficie del país, a tal efecto, se recopilaron las informaciones relacionadas con el clima, relieve, geología, vegetación y otros componentes físico-geográficos y socioeconómicos del archipiélago cubano, delimitándose de acuerdo con la convención de lucha con la desertificación y la sequía, las regiones semiáridas, subhúmedas secas y subhúmedas húmedas, de acuerdo a los criterios establecidos en varios trabajos científicos, tales como en el Mapa Isoyético de las Precipitaciones en Cuba, Índice de Aridez de Cuba y la Zonificación del Clima de Cuba, elaborado por varias instituciones cubanas (Vázquez y Solano, 1999; Vázquez, *et al*; 2006; INRH, 2006).

En total fueron consultados más de 100 documentos científico-técnicos de las investigaciones realizadas en el territorio nacional por diversas instituciones, elaborándose un esquema general para la confección del mapa de suelos (Figura 1), cual fue el punto de partida para evaluar la degradación de las tierras cubanas



**Figura 1. Método General de Confección del Mapa de Suelos 1:250 000**

Se evaluaron más de 1500 perfiles y puntos de observación de los Mapas Genéticos de Suelos a escala 1:250 000 y 1: 25 000, así como de otros trabajos de caracterización e inventario de suelos efectuado en el país. Los métodos cartográficos, clasificación de suelos y análisis de las propiedades físicas, químicas, mineralógicas y de la fertilidad se efectuaron según las metodologías propuestas por el Instituto de suelos (1994; 1995 y 1999), además, se realizó el diagnóstico de los factores limitantes y la evaluación agroproductiva de los suelos, mediante el uso de AGROSEL-24, sistema de evaluación de las tierras propuesto por Mesa *et al* (1994) y Fuentes *et al* (2006).

Para garantizar la consistencia de los datos entre todas las capas temáticas se creó un Mapa Base estándar de referencia geográfica proveniente del mapa topográfico a escala 1:250 000 actualizado con imágenes de satélites. Las fuentes de datos documentadas recopiladas fueron puntos de partidas para conocer los indicadores biofísicos y socioeconómicos que mayores incidencias tienen en la degradación y desertificación de las tierras en el archipiélago cubano, así como para poder establecer las posibles causas directas e indirectas de estos fenómenos negativos.

La metodología elaborada para su validación en Cuba, fue diseñada para el empleo de indicadores biofísicos y socioeconómicos, utilizando como herramientas tecnológicas de avanzada la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica. La metodología consta de siete etapas: Organización, Caracterización, Creación de la Base de Datos, Análisis de los Resultados y Validación del Diagnóstico, Propuesta de Soluciones, Ejecución de las Propuestas y Seguimiento (monitoreo) y Actualización (Figura 3). Por otra parte, la metodología diseñada tiene la flexibilidad para poder adaptarse a las condiciones de otros países latinoamericanos y caribeños.

En la etapa organizativa, mediante un Taller Binacional y Regional en Venezuela, se formuló el **Proyecto** con objetivos alcanzables, salidas y beneficios específicos, cronogramas de actividades y definición de los recursos humanos, financieros, materiales e informaciones necesarias. En la etapa se contemplaron los aspectos siguientes:

- 1) **Establecimiento de Grupos de Trabajos.**
- 2) **Propuesta de Área y Escala de Trabajo**
- 3) **Identificación de problemas y necesidades de los usuarios.**
- 4) **Definición del Presupuesto y Recursos Materiales**
- 5) **Requerimiento de los Datos e Indicadores.**
- 6) **Medios Técnicos Disponibles.**
- 7) **Selección de los métodos de Teledetección, Sistema de Información Geográfica (SIG), y Sistema de Posicionamiento Global (GPS) para la investigación**
- 8) **Necesidad de Sinergia con otros Proyectos Nacionales e Internacionales**
- 9) **Necesidades de Capacitación y Entrenamientos**
- 10) **Otros Aspectos de Interés para la Ejecución**

En los procesos de desertificación están involucradas un conjunto de variables representadas por indicadores que reflejan el estado del fenómeno en los ecosistemas estudiados, siendo importante su identificación, análisis y evaluación. Las variables básicas identificadas fueron: Clima, Suelo, Vegetación y Presión Humana, este grupo de variables fueron las que con mayor precisión tipificaron las áreas en procesos y/o vulnerables a la desertificación en el país, lo que posibilitó su categorización en cinco niveles: no vulnerable, poco vulnerable, moderadamente vulnerable, vulnerable y muy vulnerable (Muy Poco, Poco, Moderado, Alto y Muy Alto).

En este proyecto se utilizaron dos modelos matemáticos: el **Multiplicativo Simple** y el de **Sumas Ponderadas** o **Proceso Analítico Jerárquico (AHP)**, o técnica de decisión multicriterios propuesto por Saaty (1980), donde se logra establecer prioridades y apoyar la toma de decisiones ordenando el problema como una estructura jerárquica.

Por otra parte, el Sistema de Información Geográfica (SIG), se confeccionó de acuerdo con los esquemas metodológicos elaborados por Martín (2001) y Garea (2003), creándose una Base de Datos Relacional, donde se establecieron las relaciones que existen entre los datos a través del diseño de tablas y a su vez de las relaciones que existen entre ellas. En el diseño quedaron definidos los campos o atributos que componen cada tabla, su tipo y cómo se van a medir cada uno de ellos, creándose un dominio, es decir, el conjunto de posibles valores para cada uno de ellos, además la Base de Datos Relacional se normalizó para garantizar que la misma se maneje de forma óptima. A partir de la información almacenada, se generaron un conjunto de mapas temáticos a escala 1:100 000 sobre la degradación y desertificación de las tierras en la República de Cuba.

Se evaluó la efectividad del sistema diseñado al intervenir de manera interactiva los procesos de recuperación de datos, el análisis y la toma de decisiones. Esto posibilitó la depuración de los datos menos confiables, así como aumentar la precisión y el rigor científico de los mapas elaborados de degradación de los suelos y los de vulnerabilidad a la desertificación.

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

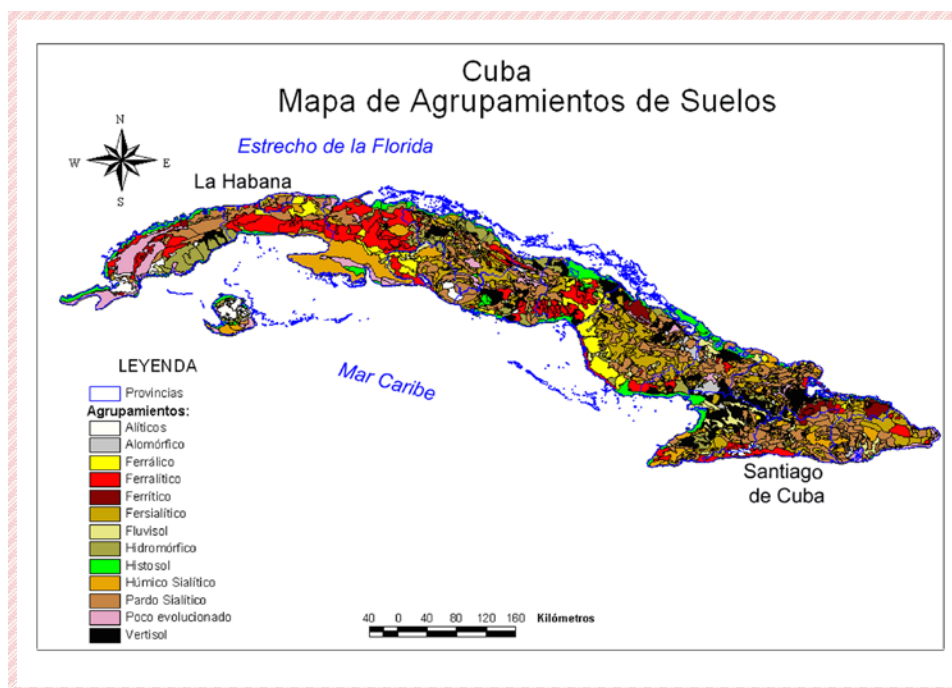
#### 3.1. Clasificación y Distribución Geográfica de los Suelos de la República de Cuba

Como consecuencias de la interacción de los factores y procesos de formación pedogenética, en el país se han generado 13 Agrupamientos de Suelos (Tabla 1), los cuales agrupan 33 tipos y 162 subtipos (Instituto de Suelos, 1999). De acuerdo con la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba cada agrupamiento reúne tipos de suelos que tienen en común el mismo proceso principal de formación, los que se definen en su mayoría por el horizonte principal de diagnóstico.

**Tabla 1. Agrupamientos de Suelos de Cuba**

Nº	AGRUPAMIENTOS	PROCESO DE FORMACION	HORIZONTE PRINCIPAL
1	Alítico	Alitización	Horizonte B, Alítico
2	Ferrítico	Ferritización	Horizonte B, Férrico
3	Ferralítico	Ferralitización	Horizonte B, Ferralítico
4	Ferrálico	Ferralitización Incompleta	Horizonte B, Ferrálico
5	Fersialítico	Fersialitización	Horizonte B, Fersialítico
6	Pardo Sialítico	Sialitización	Horizonte B, Siálico
7	Húmico Sialítico	Humificación	Horizonte A, Humificado
8	Vertisol	Formación de Vertisol	Horizonte A o B, Vértico
9	Hidromórfico	Gleyzación	Propiedades Gléycas
10	Halomórfico	Salinización, Sodificación	Horizonte Sálico o Nátrico
11	Fluvisol	Proceso Aluvial	Sin Horizonte Principal
12	Histosol	Acumulación de Turba	Horizonte Hístico
13	Poco Evolucionado	Sin Proceso Definido	Sin Horizonte Principal

En el archipiélago cubano existen características geológicas, geomorfológicas, climáticas y de la vegetación para que se desarrolle una gama variada de tipos suelos, los que responden a leyes geográficas y ecológicas en su distribución (Figura 2). Sin embargo, hay regiones donde es notoria la presencia de algunos de ellos, así se tiene que los Alíticos abundan en las zonas montañosas, igualmente en la Llanura Sur de Pinar del Río y el Domo Central de la Isla de La Juventud.



**Figura 2. Mapa de los Agrupamientos de Suelos a Escala 1:250 000**

Los Ferríticos se forman básicamente en los macizos montañosos Nipe-Sagua-Baracoa y Guaniguanico y en la Sierra de Cubita al Norte de la Provincia de Camagüey. Los Ferralíticos y Ferrálicos se distribuyen ampliamente en la Llanura Habana-Matanzas y en Ciego de Ávila; los Fersialíticos, Pardos Sialíticos y Húmicos Sialíticos constituyen la cobertura pedológica fundamental de las provincias centrales y orientales de Cuba, mientras que los Vertisoles e Hidromórficos son típicos del norte de las provincias centrales y el Valle del Cauto en la región oriental del país, los que junto al Valle de Guantánamo presentan las condiciones para la formación de los suelos Halomórficos o con acumulaciones significativas de sales solubles en algunos de los horizontes del perfil, la cual tiene incidencia directa en el cultivo.

El agrupamiento de suelos más abundante en Cuba es el Pardo Sialítico con 2494,58 miles de ha, el 23,28% del total de la superficie pedológica del país (Tabla 2), le sigue en extensión el agrupamiento de los suelos Ferralíticos con 1517,51 miles de ha, el 14,16%; en tercer lugar se encuentra el agrupamiento de los suelos Fersialíticos con 1487,68 miles de ha, el 13,89%. Estos tres agrupamientos ocupan 5499,77 miles de ha, lo que representa el 51,33% del total de suelos identificados en el archipiélago cubano y constituyen una parte importante de los recursos edáficos que se utilizan para la producción agrícola nacional.

Los agrupamientos de menores superficies son los Halomórfico, Ferrítico y Alítico, los cuales ocupan menos del 3% del fondo pedológico del país, por lo general se ubican en lugares con factores específicos para su formación en zonas llanas y montañosas. Estos tres agrupamientos suman más de 597 miles de ha, el 5,57% de la superficie total evaluada en el archipiélago cubano.

Los suelos Alíticos, Ferralíticos, Fersialíticos, Pardos Sialíticos, Vertisoles e Hidromórficos, son los que mayor representatividad tienen en los territorios provinciales del país, donde constituyen el fondo edafológico para el desarrollo de las actividades de la agricultura, así como se usan ampliamente en otras acciones vinculadas con el mejoramiento de la calidad de vida de los pobladores que habitan en los mismos.

**Tabla 2. Superficie que Ocupan los Agrupamientos de Suelos en Cuba**

No	AGRUPAMIENTOS	SUPERFICIE	
		Miles de ha	%
1	Alítico	267,62	2,50
2	Ferrítico	193,31	1,80
3	Ferralítico	1517,51	14,16
4	Ferrálico	399,53	3,73
5	Fersialítico	1487,68	13,89
6	Pardo Sialítico	2494,58	23,28
7	Húmico Sialítico	690,06	6,45
8	Vertisol	798,85	7,46
9	Hidromórfico	726,67	6,78
10	Halomórfico	136,08	1,27
11	Fluvisol	377,19	3,52
12	Histosol	690,76	6,45
13	Poco Evolucionado	663,79	6,20
<b>Superficie Total Evaluada</b>		<b>10713,53</b>	<b>100,00</b>

En sentido general, estos seis agrupamientos de suelos debido a factores naturales y la intensidad de su uso en la producción agropecuaria, son los que presentan un mayor grado de degradación de sus propiedades físicas, químicas y biológicas, lo que incide negativamente en los rendimientos y producción de los cultivos que se desarrollan en ellos.



### 3.2. La Degradación y Desertificación de las Tierras en de la República de Cuba

Las características del archipiélago cubano determinan una elevada complejidad de los factores biofísicos y socioeconómicos que se relacionan con la degradación de los suelos, en sentido general, pueden enumerarse los siguientes: Aquellos que se relacionan con las características naturales o el medio biofísico del archipiélago cubano, tales como la geología, relieve, clima, hidrografía, vegetación y agrupamientos de suelos, así como los relacionados con las actividades socioeconómicas del país, donde se destacan la densidad de población, las producciones agrícolas, producciones industriales, construcciones de infraestructuras y viales. Esta degradación de los suelos se encuentra entre los problemas más apremiantes de la producción de alimentos, así como la situación ambiental del país.

En la Tabla 3 se exponen los 11 procesos de degradación o factores limitantes edáficos que de manera regular se encuentran en la cobertura pedológica de Cuba, destacándose el contenido muy bajo de materia orgánica con 4,66 millones de ha, un 69,6% de la superficie evaluada, le siguen en orden la baja fertilidad, la erosión fuerte y media, el mal drenaje y la acidez de los suelos con pH menor de 6,0 (Instituto de suelos, 2006).

**Tabla 3. Superficie que Ocupan los Factores Limitantes de la Cobertura Pedológica de Cuba**

No	FACTORES LIMITANTES	SUPERFICIE	
		Millones de ha	%
1	Muy Bajo Contenido de M.O.	4,66	69,6
2	Baja Fertilidad	3,00	44,8
3	Erosión (Fuerte a Media)	2,90	43,3
4	Mal Drenaje	2,70	40,3
5	Acidez (pH KCl < 6,0)	2,70	40,3
6	Baja Retención de Humedad	2,50	37,3
7	Compactación Elevada	1,60	23,9
8	Salinidad y/o Sodicidad	1,00	14,9
9	Desertificación (Zonas Subhúmedas)	0,81	12,1
10	Desertificación (Zonas Semiárida)	0,71	10,6
11	Pedregosidad y Rocosisidad	0,45	6,7

La salinidad y/o sodicidad, así como la desertificación en zonas Subhúmedas y semiáridas ocupan en su conjunto 2,52 millones de ha, el 37,6% del total. Estos procesos de degradación de los suelos se asocian a los factores climáticos y las actividades agropecuarias desarrolladas con tecnologías inapropiadas en tierras sumamente vulnerables (Alfonso, *et al*; 2004; Vantour, *et al*; 2009).

Además, estos procesos de degradación tienen implicaciones significativas para otras áreas focales del país. El incremento de la erosión y la salinidad, afecta de un modo global a la biodiversidad, las fuentes de agua y el clima de los territorios con mayor incidencia, a esto se añade que en el ámbito local, provincial y regional, la degradación de las tierras influye negativamente en los medios de vida y la calidad de vida de la población, reduciendo la productividad agrícola, distorsionando los flujos hidrológicos que son esenciales para el suministro de agua potable y el riego para los cultivos con lo que se aumenta la vulnerabilidad a la desertificación en las tierras de las zonas áridas (Urquiza, *et al*; 2007; Cruz, *et al*; 2008; Vantour, *et al*; 2010).

Según los datos de la Tabla 4, Cuba posee 3,1 millones de ha, el 35% de los suelos con categorías agroproductivas I y II, donde se pueden obtener entre 50-70 y más del 70% del rendimiento potencial de los cultivos que se establezcan en ellos, mientras que en el ámbito provincial, sólo La Habana y Ciego de Ávila tienen coeficiente agroproductivo de II, debido a que en ellas se

distribuyen ampliamente los suelos de naturaleza Ferralítica, lo que presentan la mayor productividad en el país debido a su topografía llana, profundidad efectiva superior a los 70-100 cm. con mediana fertilidad (Instituto de Suelos, 2006).

Sin embargo, los suelos de Guantánamo clasifican con coeficiente agroproductivo de IV, lo que se explica por la condición de ser un territorio con más del 75% de su superficie en áreas montañosas y las que se encuentran en las llanuras y los valles presentan salinidad y desertificación como consecuencia de un clima semiárido y subhúmedo seco con elevada presión de la producción agrícola para alimentar a una importante población urbana.

**Tabla 4. Agroproductividad de los Suelos de Cuba en Millones de Hectáreas**

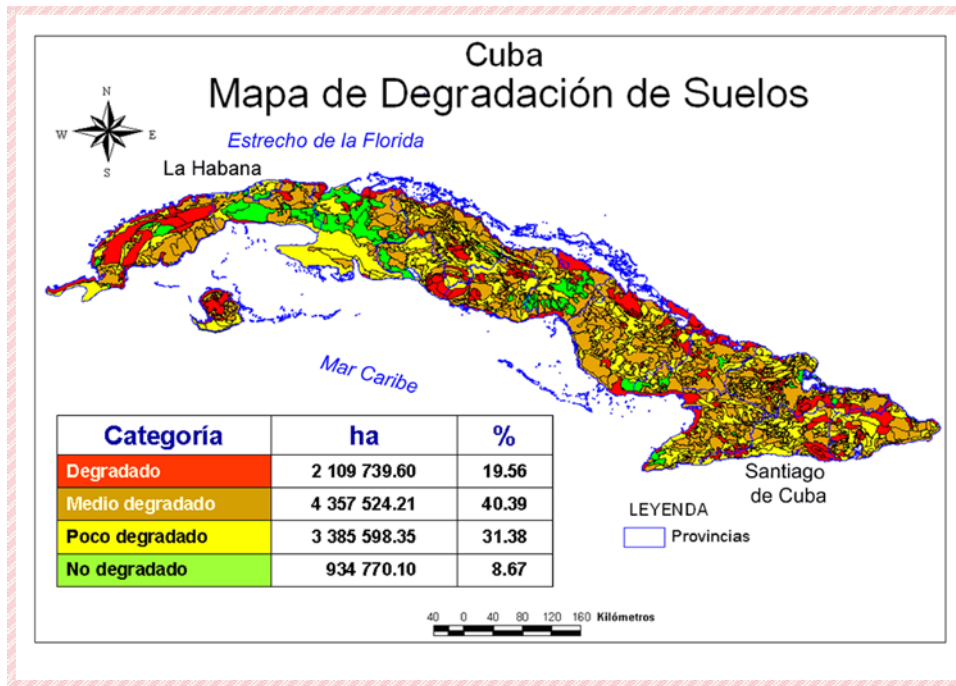
PROVINCIAS	GATEGORIAS AGROPRODUCTIVAS				COEFICIENTE AGROPRODUCTIVO
	I	II	III	IV	
Pinar del Río	0.05	0.12	0.14	0.26	3
Artemisa	0.09	0.03	0.05	0.09	2
Mayabeque	0.09	0.05	0.03	0,06	2
Matanzas	0.22	0.11	0.12	0.32	3
Villa Clara	0.11	0.12	0.15	0.41	3
Cienfuegos	0.09	0.08	0.07	0.16	3
Sancti Spiritus	0.10	0.10	0.09	0.20	3
Ciego de Ávila	0.20	0.06	0.08	0.15	2
Camagüey	0.29	0.26	0.36	0.52	3
Las Tunas	0.12	0.12	0.13	0.29	3
Holguín	0.09	0.08	0.14	0.40	3
Granma	0.08	0.08	0.13	0.35	3
Santiago de Cuba	0.09	0.15	0.11	0.39	3
Guantánamo	0.05	0.04	0.03	0.48	4
Isla de la Juventud	0.02	0.03	0.02	0.05	3
Nacional	1.7	1.4	1.6	4.1	3
%	18.9	16.1	18.5	46.5	

I: > 70%; II: 50-70%; III: 30-50%; IV: < 30 % del “Rendimiento Potencial” respectivamente  
**Coeficiente Agroproductivo = Categoría Agroproductiva Provincial**

Los factores limitantes y las categorías agroproductivas de los suelos en los territorios provinciales, se encuentran relacionados con el nivel de degradación de las tierras y su capacidad para sostener producciones sostenibles de los cultivos. En general hay una estrecha interrelación entre los factores biofísicos y los socioeconómicos como agentes degradantes de los ecosistemas productivos, en particular los agrícolas, observándose que en aquellas regiones frágiles como el Valle de Guantánamo, Valle del Cauto, el Norte de las Provincias Centrales, la Llanura Habana-Matanzas y la Llanura Sur de Pinar del Río, la presión generada por la producción de alimentos, así como la construcción de infraestructuras y viales ha provocado procesos de erosión, compactación, salinidad, pérdida de materia orgánica y sobrehumedecimiento.

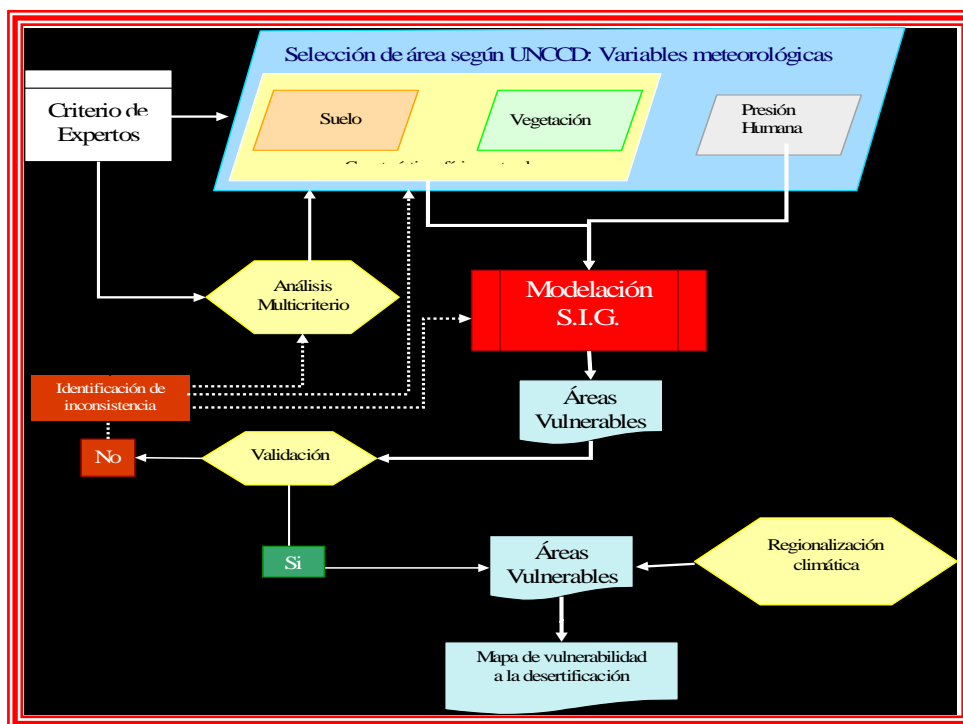
En la Figura 3 se expone el mapa de degradación de los suelos de Cuba, el cual sintetiza en cuatro categorías la distribución de la intensidad de esta problemática a escala nacional. Según los datos de este mapa, el 19,56% de los suelos del país están degradados, estando afectado fundamentalmente por la erosión, la salinidad y el mal drenaje, mientras que el 40,39% esta medianamente degradado, es decir que el 59,95% de la superficie del territorio nacional presentan las mayores degradaciones de los suelos y sólo el 40,05% está poco o no degradado. Las mayores incidencias en esta degradación se deben a los procesos de erosión, salinidad, mal drenaje, compactación, acidez, bajo contenido de materia orgánica y baja fertilidad natural de los suelos.





**Figura 3. Mapas de Degradación de los Suelos a escala 1:250 000**

Estos fenómenos de degradación y baja productividad de los suelos conducen a procesos de desertificación, los cuales están generalizado en todo el país. Para el diagnóstico de las áreas vulnerables a este flagelo negativo en el territorio nacional, se aplicó la metodología propuesta por Cruz *et al* (2009), la que se resume en el esquema metodológico que aparece en la Figura 4. Este esquema se sustenta en el concepto de desertificación definido por la Convención de las Naciones Unidas para la Desertificación y la Sequía como “la degradación de las tierras de zonas áridas, semiáridas y Subhúmedas secas, resultante de diversos factores, entre ellos, las variaciones climáticas y las actividades humanas” (UNCCD, 2006).



**Figura 4. Esquema Metodológico para Diagnosticar Áreas Vulnerables a la Desertificación**

Los indicadores edáficos directos de la degradación y desertificación de las tierras en Cuba, comúnmente utilizados, se exponen en la Tabla 6, los cuales se corresponden a las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, pero aspectos más complejos como su capacidad productiva fueron evaluadas indirectamente a través del rendimiento de sistemas agrícolas, forestales y ganaderos en un periodo de tiempo.

A partir de estos indicadores seleccionados, el seguimiento de la calidad del suelo se puede hacer de manera comparativa o relativa a partir de patrones no afectados por la degradación. Para esto se puede comparar la evolución de un mismo sistema a través del tiempo (Comparación Longitudinal), o bien comparar simultáneamente uno o más sistemas de manejo alternativo teniendo una referencia (Comparación Transversal).

**Tabla 5. Indicadores Edáficos para el Diagnóstico de la Desertificación en Cuba**

VARIABLES	INDICADORES	EXPRESIÓN	UNIDAD DE REFERENCIA
Acidez	pH en KCl	Alcalino	> 7,20
		Neutral	6,71-7,20
		Débilmente Acido	6,01-6,70
		Acido	5,01-6,00
		Fuertemente Acido	4,01-5,00
		Muy Fuertemente Acido	< 4,00
Erosión	Erosión Hídrica	No Erosionado	Sin Pérdida del Horizonte A
		Poco Erosionado	Con Poca Pérdida del Horizonte A
	Laminar Surcos Cárcavas	Medianamente Erosionado	Pérdida de Hasta un 50% del Horizonte A
		Erosionado	Pérdida Total del Horizonte A y parte del Horizonte B
Salinidad	Sales Solubles Totales %	No Salino	< 0,2
		Poco Salino	0,2-0,3
		Medianamente Salino	0,3-0,6
		Fuertemente Salino	0,6-1,0
		Salino	> 1,0
Compactación	Densidad Aparente g/cm <sup>3</sup>	No Compacto	< 1,00 g.cm <sup>-3</sup>
		Poco Compacto	1,10-1,20 g.cm <sup>-3</sup>
		Medianamente Compacto	1,21-1,30 g.cm <sup>-3</sup>
		Compacto	1,31-1,40 g.cm <sup>-3</sup>
		Muy Compacto	> 1,40 g.cm <sup>-3</sup>
Drenaje	Velocidad de Infiltración mm/h	Drenaje Excesivo	< 3,00 m.día <sup>-1</sup>
		Drenaje Normal	2,10-3,00 m.día <sup>-1</sup>
		Drenaje Moderado	1,10-2,00 m.día <sup>-1</sup>
		Drenaje Lento	0,90-1,00 m.día <sup>-1</sup>
		Drenaje Nulo	> 0,90 m.día <sup>-1</sup>
Fertilidad Natural	Valor de la CIC Cmol(+).Kg <sup>-1</sup>	Muy Baja	< 10 Cmol(+).Kg <sup>-1</sup>
		Baja	10,1-20 Cmol(+).Kg <sup>-1</sup>
		Mediana	20,1-30 Cmol(+).Kg <sup>-1</sup>
		Alta	30,1-40 Cmol(+).Kg <sup>-1</sup>
		Muy Alta	> 40 Cmol(+).Kg <sup>-1</sup>

Para predecir los escenarios de degradación y desertificación, se emplearon las técnicas de Evaluación Multicriterios (EMC), las cuales en el entorno de los Sistemas de Información Geográfica, se basan en que cada indicador evaluado está representado por una capa de información cartográfica georreferenciada y los datos asociados. Estas capas temáticas fueron transformadas y normalizadas de acuerdo con los modelos matemáticos siguientes:

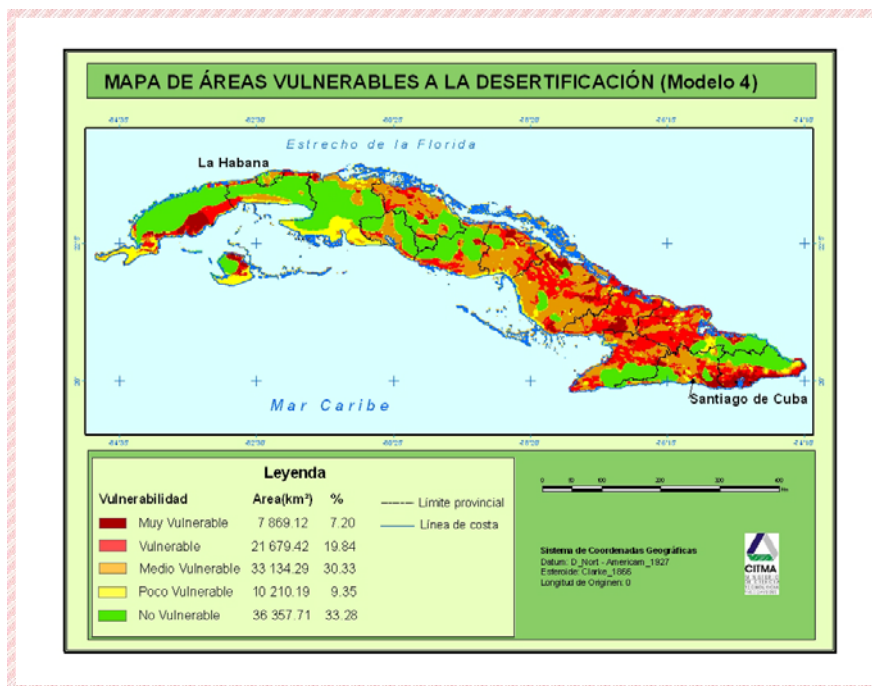
### Modelo Multiplicativo Equiponderado

$$\text{Var Total} = (\text{Var}_1 * \text{Var}_2 * \text{Var}_3 \dots \text{Var}_n)^{1/n} \text{ (ecuación 1)}$$

### Modelo de Sumas Ponderadas o Jerárquico Analítico (Método de Saaty, 1980)

$$\text{Var Total} = ((\text{Var}_1 * P_1) + (\text{Var}_2 * P_2) + \dots + (\text{Var}_n * P_n)) \text{ (ecuación 2)}$$

La aplicación de estos elementos metodológicos posibilitó generar diversos Mapa de Áreas Vulnerables a la Desertificación de Cuba. Cada uno de estos modelos en función de las variables y las ecuaciones utilizadas, reflejó de manera desigual la distribución espacial de las superficies que en el país son sensibles a los procesos de desertificación. Los resultados de calcular las áreas afectadas empleando el Modelo de Sumas Ponderadas o Jerárquico Analítico (Saaty, 1980), fue más preciso, el cual determinó que las áreas Vulnerables y Muy Vulnerables a los procesos de desertificación ocupan una extensión de 2 954 854, 00 ha, un 27,04% de la superficie total del territorio nacional (Figura 5).



**Figura 5. Mapa de Áreas Vulnerables a la Desertificación a escala 1:250 000**

Además, hay 3 313 429 ha, el 30,33% del total en la categoría de Medianamente Vulnerable, mientras que existen 4 656 790 ha, un 42,63% que se clasificaron como Poco y No Vulnerable a los procesos de desertificación, lo que se explica por su ubicación en zonas climáticas humedad y subhúmeda humedad (INRH, 2006), así como los suelos tener un bajo nivel de degradación.

Los resultados alcanzados demostraron que los instrumentos metodológicos empleados para conocer los recursos edáficos, su degradación y vulnerabilidad a la desertificación son eficaces. El Sistema de Información Geográfica (SIG), resultó una técnica computarizada de gran utilidad en evaluar estos procesos, ya que se trata de problemas espaciales que se generan en los ecosistemas

terrestres de Cuba, lo que facilitó de acuerdo al diseño empleado, la gestión, manipulación, análisis, representación, modelado y salidas de información cartográfica, gráfica y en tablas.

Además, permite el manejo de la información de las tierras cubanas afectadas por la degradación con medios computarizados para los trabajos de mitigación y la elaboración de estrategias para el desarrollo sostenible de la agricultura y las comunidades humanas ubicadas en estas regiones.

#### **IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

1. En Cuba existe una compleja interacción de factores y procesos Pedogenéticos que dan lugar a una elevada diversidad pedológicas, representados por 13 Agrupamientos, integrados por 33 tipos de suelos de naturaleza Alítica, Ferrítica, Ferralítica, Fersialítica y Sialítica, así como por 162 subtipos y un número variado de géneros.
2. El agrupamiento de suelos más abundante en Cuba es el Pardo Sialítico con 2494,58 miles de ha, el 23,28% del total, en segundo lugar el agrupamiento de los suelos Ferralíticos con 1517,51 miles de ha, el 14,16% y en tercer lugar el agrupamiento de los suelos Fersialíticos con 1487,68 miles de ha, el 13,89%. Los agrupamientos de menores superficies son los Halomórfico, Ferrítico y Alítico, los cuales por lo general se ubican en lugares con factores específicos para su formación.
3. El 59,95% de la superficie del territorio nacional tiene suelos degradados o muy degradados y sólo el 40,05% está poco o no degradado, destacándose los procesos de erosión, salinidad, compactación, sobrehumedecimiento, acidez, bajo contenido de materia orgánica y baja fertilidad natural.
4. Cuba posee 3,1 millones de ha, el 35% de los suelos con categorías agroproductivas I y II, donde se pueden obtener entre 50-70 y más del 70% del rendimiento potencial de los cultivos que se establezcan en ellos. El resto de las tierras cubanas son de baja productividad, es decir, un 65% con rendimientos potenciales inferiores al 50%.
5. Las áreas Vulnerables y Muy Vulnerables a la desertificación ocupan una extensión de 2 954 854, 00 ha, un 27,04% de la superficie total del territorio nacional. Además, hay 3 313 429 ha, el 30,33% del total en la categoría de Medianamente Vulnerable, mientras que existen 4 656 790 ha, un 42,63% que se clasificaron como Poco y No Vulnerable a los procesos de desertificación.
6. Se diseñó e implementó un Sistema de Información Geográfica y la Base de Datos relacionada, lo que permite generar información cartográfica y posibles situaciones de degradación de los ecosistemas, en particular, los dedicados a la explotación en el sector agrario del país.
7. Los instrumentos metodológicos empleados para conocer los recursos edáficos y su degradación permiten además, el manejo de la información con medios computarizados para los trabajos de mitigación de las tierras afectas y la elaboración de estrategias para el desarrollo sostenible de la agricultura y las comunidades humanas ubicadas en estas regiones.
8. Se recomienda el empleo de estos resultados en la elaboración de las estrategias para el uso y manejo de los recursos edáficos del país, así como en la protección del medio ambiente. Además, esta información puede ser empleada para la docencia y como base de nuevas investigaciones.

## V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alfonso. C. A., Milagros Monedero. Uso, Manejo y Conservación de los Suelos. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, La Habana, Cuba. 68 pp. 2004.
2. CITMA. III Informe Nacional de la República de Cuba al Comité de Revisión e Implementación de la Convención (CRIC) de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía. La Habana. 48 pp., 2006.
3. CITMA. IV Informe Nacional de la República de Cuba al Comité de Revisión e Implementación de la Convención (CRIC) de las Naciones Unidas de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía. La Habana 56 pp. 2010.
4. CITMA. Cuba: Estrategia Nacional de Enfrentamiento al Cambio Climático. 2015/2030. La Habana, 46 pp. 2014.
5. Cruz, R. O., A. Vantour, Maribel Páez, G. Martín y R. P. Capote. Diagnóstico de las Áreas vulnerables a la Desertificación en Cuba Mediante el Uso de la Teledetección y los Sistemas de Información Geográfica. En Resúmenes XIII Simposio de la Sociedad Latinoamericana de Percepción Remota y Sistemas de Información Espacial (SELPER). La Habana, Cuba. Pág. 70, 2008.
6. Dorronsoro. C. Degradación del suelo. En Contaminación de Suelos. Lección 10. [http://edafología.ugr.es/conta/tema 10/negra.htm](http://edafología.ugr.es/conta/tema%2010/negra.htm). 9 p. 2006.
7. Finke, P., R. Hartwich, R. Dudal, J. Ibáñez, M. Jamagne, D. King, L. Montanarella y N. Yassodou. Una base de datos de suelos georeferenciada para Europa. Ed. Comité Científico del Buró Europeo de Suelos. 206 p. 1999.
8. Fuentes, Enma, J. Paneque, R. Cancio. Evaluación de las Tierras en Cuba y sus Factores Edáficos Limitantes. En Resúmenes Taller Nacional de Inserción al Proyecto “Evaluación de la Degradación de las Tierras Secas (LADA)”. La Habana, pág. 23-26. 2006.
9. Garea. E. Métodos para el manejo de la información de suelos en las regiones montañosas de Cuba mediante técnicas digitales. Resumen de Tesis presentada en opción al Grado Científico de Doctor en Ciencias Técnicas. Ciudad de La Habana, 30 pp. 2003.
10. Instituto de Suelos. Manual de Técnicas Analíticas de Suelos, Plantas y Agua. MINAGRI. La Habana, 150 pp. 1994.
11. Instituto de Suelos. Metodología para la cartografía detallada y evaluación integral de los suelos. MINAGRI. La Habana, 55 pp. 1995.
12. Instituto de Suelos. Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. AGROINFO, MINAGRI. Ciudad de La Habana, 64 pp. 1999.
13. Instituto de Suelos. Programa Nacional de mejoramiento y Conservación de Suelos. La Habana. 25 pp, 2001.
14. Instituto de Suelos. La degradación de los suelos en Cuba. En Resúmenes del Taller “La Metodología LADA y la Evaluación de las Tierras de Cuba”. La Habana, pág. 25. 2006.

15. Instituto Nacional de Recursos Hidráulico (INRH). Mapa Isoyético de Cuba. Período 1961-2000. La Habana. 2006.
16. Martín, G. 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, Cuba. 105 pp. 2001.
17. Mesa, A., Enma Fuentes y J. Paneque. Metodología para el Cálculo de los factores Limitantes Agroproductivos de los Suelos Mediante el Uso del Software AGRO 24. DNSF., La Habana. 40 pp. 1994.
18. Rivero, L., V. Gálvez, Norys Navarro, Inalvis Sánchez, J. M. Pérez Jiménez, C. Ortiz y Martha Labaut. Sistema de Información, Sistema de Monitoreo y Soluciones Tecnológicas para Preservar a los Suelos de la Salinidad y Posible Impacto del Cambio Climático en Agroecosistemas con Problemas Actuales y Potenciales de Salinización. Informe Final del Proyecto 013-05-005 del PNCIT 013 “Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano”. GEPROP, CITMA. La Habana. 71 pp. 2001.
19. Rodríguez, D. Vínculos entre los Programas Nacionales que Coordina el Instituto de Suelos y las Entidades Productivas en el País (Conferencia). En Resúmenes Congreso 45 Aniversario del Instituto de Suelos y VII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. Ciudad de La Habana, pág. 148-149. 2010.
20. Saaty, T. L. The Analytic Hierarchy Process. McGraw Hill. 20 pp. 1980.
21. UNCCD ¿Qué es la desertificación? Mecanismo Mundial de Lucha Contra Desertificación y la sequía. <http://193.194.138.128/Spanish/Abaut/desertification>. 2006.
22. Urquiza, María Nery, María E. Rodríguez, C. Alemán, F. Peña y Elisa Zamora. Proyecto LADA. Evaluación de la Degradación de Tierras en Zonas Áridas. Informe de Línea Base, Área Piloto, Cuba. CIGEA, La Habana, Cuba, 55 pp. 2007.
23. Vantour, A., R. O. Cruz, Maribel Páez, G. Martín y R. P. Capote. Los Recursos Edáficos y su Degradación en la República de Cuba. En Resúmenes CD del Evento VII Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo. Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba. 2009.
24. Vantour, A., R. O. Cruz, Maribel Páez, G. Martín y R.P. Capote. Vulnerabilidad de las Tierras a la desertificación en Cuba. En Resúmenes Congreso 45 Aniversario del Instituto de Suelos y VII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelos. Ciudad de La Habana, pág. 178. 2010.
25. Vázquez, R. y O. Solano. Sistema de Seguimiento Agrometeorológico Decadal de la Sequía Agrícola. En Resúmenes de la Convención Trópico 99. Congreso de Meteorología Tropical. La Habana, Cuba. Referencia MT 009. 5 pp. 1999.
26. Vázquez, R. La Aridez en Cuba. En Resúmenes Taller Nacional de Inserción al Proyecto Evaluación de la Degradación de las Tierras Secas (LADA). Centro de Información, Gestión y Educación Ambiente (CITMA). Ciudad de La Habana. 10 pp. 2006.