

Evaluación del potencial productivo de los suelos en áreas de la cooperativa Máximo Lugo de San Juan y Martínez, Pinar del Río, Cuba

Evaluation of the productive potential of the soil in areas of the cooperative Maximum Lugo from San Juan y Martínez, Pinar del Río, Cuba

Edenys Miranda Izquierdo¹, Bárbaro B. Zulueta Menéndez¹, Alberto E. Otero Martínez², Eduardo A. Cabrera Carcedo².

1. Universidad "Hermanos Saíz Montes de Oca" de Pinar del Río, Calle Martí Final # 270, Pinar del Río, Cuba.

2. Instituto de Suelos de Pinar del Río. Ave Borrego Final, Rpto Hnos Cruz, Pinar del Río, Cuba.

E-mail: emiranda@af.upr.edu.cu; zul@af.upr.edu.cu ; suelopr@tel.co.cu

RESUMEN. Con el objetivo de evaluar los factores edáficos limitantes que más inciden en la degradación de los suelos en áreas de la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Máximo Lugo, dedicada fundamentalmente a la producción de hortalizas, se desarrolló esta investigación. El área seleccionada se ubica dentro de la Llanura Sur de la provincia de Pinar del Río, y se localiza entre las coordenadas: Este, desde la 195 000 hasta la 200 000 y por el Norte desde la 263 000 hasta la 268 000. Abarca un total de 659,12 ha y se escogió para la investigación por la susceptibilidad de estos suelos a la degradación y la importancia económica de la actividad agrícola para la zona. Como resultado de la investigación se obtuvo que los principales factores edáficos limitantes que inciden sobre dichas áreas son: acidez (pH), materia orgánica, capacidad de intercambio catiónico, compactación (superficial y subsuperficial), velocidad de infiltración y profundidad efectiva, siendo, por ese orden, los de mayor incidencia por unidad de superficie. Por otro lado, el estudio, caracterización y combinación de los problemas a partir de los factores edáficos limitantes da la posibilidad de obtener zonas de combinaciones de problemas, que permiten buscar mayor impacto en lo económico, ambiental y social para contrarrestar la degradación del suelo.

Palabras clave: Acidez, compactación, factores edáficos limitantes, materia orgánica, Profundidad efectiva, velocidad de infiltración.

ABSTRACT. The investigation was developed with the objective of evaluating the limiting soil factors that has influence in the soil degradation in the areas of Máximo Lugo Credit Services Cooperative dedicated fundamentally to the production of horticultural crops. The area selected is located in South Llanura of the parish of Pinar del Río, between the coordinates east from 195 000 to 200 000 and by the north 263 000 to 268 000, that make up a total of 659,12 ha using this on the susceptibility of the soil degradation and the economic importance of the agricultural activity for the zone. The principal results derived from the investigation shows that the principal limiting soil factors that influence in the given areas are: acidity (pH), organic matter, cationic exchange capacity, compact (superficial and sub soil), infiltration velocity and depth effective, in the order of those of greater influence per surface area. On the other hand, the study, characterization and combination of the problems a part from the limiting soil factors gives the possibility of obtaining zones of combination of problems, that allow the search of a great economic, environmental and social impact in order to counteract the degradation of the soil.

Key words: Acidity, compact (superficial and sub soil), depth effective, infiltration velocity, limiting soil factors, organic matter.

INTRODUCCIÓN

La demanda, cada vez mayor, de alimentos para la población ha conducido a la explotación intensiva de las tierras agrícolas, generalmente basada en la

mecanización con tractores y arados inadecuados para determinadas condiciones del suelo. Esto ha generado un agudo proceso de degradación, y la pérdida de nutrientes y suelo, ayudada por el golpeteo de las gotas de lluvia y la escorrentía,

causa fundamental de la pérdida de la capacidad productiva de los suelos cultivados. (Pacheco, 2000)

FAO (1994), señala que una de las causas principales de la degradación de los suelos en América Latina es, sin duda, la aplicación de técnicas de labranza inadecuadas, con el consiguiente deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la disminución de los rendimientos agrícolas y, más importante aún, el deterioro del medio ambiente.

Entre los problemas más graves que enfrenta la agricultura cubana, la degradación de los suelos y el no prestarle la debida atención a los procesos que la ocasionan, comprometen seriamente el futuro del país. Hoy enfrentamos el reto de lograr establecer un sistema agrícola sostenible, capaz de solventar la creciente demanda alimentaria de la población, pero para ello hay que detener los procesos que degradan los suelos. (Instituto de Suelos, 2001)

El estudio sistemático de los procesos erosivos, en Cuba, se inicia con los trabajos desarrollados por Radkov *et al.* (1973), en la Estación Experimental del Tabaco, provincia de Pinar del Río. En la década de los ochentas, comienzan trabajos de mayor envergadura (Bouza *et al.*, 1981; Castro *et al.*, 1989; Peña *et al.*, 1995 y Riverol *et al.*, 1998), que han generado un paquete tecnológico para el uso y manejo de los suelos dedicados a tabaco, fundamentalmente.

Entre los procesos y factores incidentes, existe una compleja interrelación, la cual es necesario abordar bajo un enfoque sistémico. En este sentido, tiene mucha importancia el uso que se haga de la información, la cual debe convertirse en herramienta para la toma de decisiones.

Ese propósito se facilita en la actualidad por el extraordinario avance alcanzado en los medios de cómputo y en los programas, como el Sistema de Información Geográfica (SIG), que constituyen una herramienta de gran utilidad. No obstante, su aplicación en la problemática planteada requiere la adición de otras herramientas, metodologías y diversos elementos, agrupados en un Sistema para ese fin.

El aspecto informático del Sistema propuesto, tiene sus antecedentes en la fundamentación teórica y validación de los SIG, realizada por Brabant (1992); Bosque Sendra (1992) y Wielemaker y Vogel (1993). En Cuba lo han desarrollado y aplicado entidades como Geocuba (Inerarity y Delgado, 1998); el INICA (Ponce de León *et al.*, 1996 y 1997); la UAH (Lau Quan y Utset, 1998); y el Instituto de Suelos (Rodríguez *et al.*, 1997; Rivero *et al.*, 2001).

Establecer un sistema de agricultura sostenible para satisfacer la demanda creciente de alimentos es el reto que actualmente enfrenta la humanidad en aras de detener el acelerado proceso de degradación de los suelos. Para enfrentar esta problemática y dar solución al problema de la presencia cada vez más creciente de factores edáficos limitantes sobre suelos inorgánicos destinados a la producción agrícola que ha conllevado a un incremento paulatino de la degradación de los mismos, se plantea como hipótesis de esta investigación la siguiente: si se elabora y aplica una metodología que identifique y evalúe correctamente los factores edáficos limitantes presentes en áreas dedicadas a la producción agrícola, entonces permitirá conocer y dar orden de prioridad a aquellos que más incidan en la degradación del suelo.

Los objetivos del presente trabajo son determinar y ordenar, sobre la base del estudio de los factores edáficos limitantes, los principales problemas presentes en el área objeto de estudio y obtener un mapa de combinación de factores edáficos limitantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área seleccionada como objeto de estudio se ubica dentro de la Llanura Sur de la provincia de Pinar del Río. La selección se basó en la susceptibilidad de los suelos a la degradación y la importancia económica de la actividad agrícola para la zona (cultivos varios). En ella se encuentra la Cooperativa de Créditos y Servicios (CCS) Máximo Lugo, dedicada fundamentalmente a la producción de hortalizas. La unidad de producción se localiza entre las coordenadas: Este desde la 195 000 hasta la 200 000 y por el Norte desde la 263 000 hasta la 268 000, abarca

un total de 659,12 hectáreas. En la figura 1, se muestra la posición geográfica y los principales elementos del área de trabajo.

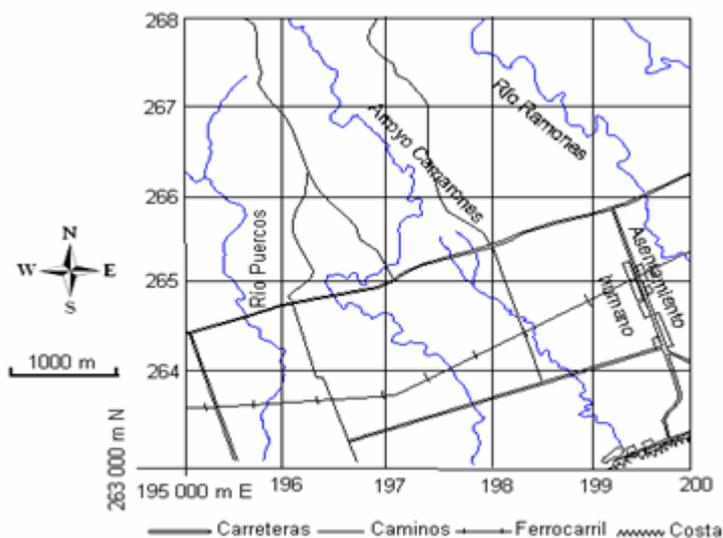


Figura 1. Ubicación geográfica y principales elementos del área de trabajo.

Escala de trabajo 1: 25 000

Los suelos del área se corresponden con la generalidad de los agrupamientos, tipos y subtipos de la Llanura sur de Pinar del Río, en los cuales existe una serie de factores limitantes, como bajo grado de humificación, erosión hídrica, salinidad actual y/o potencial, muy baja capacidad de intercambio catiónico, poco contenido en bases cambiables, muy baja retención de humedad, alta compactación y mal drenaje interno, a pesar de que, en la mayoría de las áreas, son suelos de textura ligera.

Se recolectaron datos de producción, agroquímico y mapas cartográficos a escala 1:10 000; base cartográfica 1:10 000; y 1:25 000 (Dirección General de Suelos y Fertilizantes, 1984); muestreos de suelos realizados en junio de 2005 y uso de la información sobre geología e hidrología de la zona. Se utilizó además, información obtenida por métodos establecidos, relativa a: suelos y su uso, clima, hidrogeología, hidrografía, vegetación, asentamientos humanos, viales, sistemas de riego, sistemas de abasto de agua, sistemas de drenaje, instalaciones para diversos fines, relieve y otros.

Se realizan nuestros, determinación de atributos, categorización, simbología y evaluación de

impactos de acuerdo a los objetivos propuestos. Para la caracterización del área y la determinación de la degradación de los suelos,

se partió de los muestreos realizados en junio/2005 (32 puntos de observación), en comparación con los estudios de suelos realizados en el período 1979-1983 del 1:25 000 (23 perfiles de suelos), y estudios de agroproductividad de la CCS Máximo Lugo, en 1: 10 000 (20 perfiles de suelos). La degradación de los suelos se evaluó según FAO (1983), metodología provisional del Instituto de Suelos (1982), y Ortiz *et al.* (1994), con elementos del SIMONIT (Rivero *et al.*, 2004), e información base que facilitó el análisis de esta problemática

(Gálvez *et al.*, 2002; GEOCUBA, 2001; Martín, 2001; Panamá, 2001; Soto *et al.*, 2001).

Para dicha evaluación se tomaron como criterios: el estado actual de la degradación de la tierra, velocidad y riesgo inherente y como límites de clases, los de: ligera, moderada y severa (Ortiz *et al.*, 1994), en correspondencia con la propiedad en estudio; por ejemplo, en el aspecto químico se consideró la acidez del suelo (pH), la capacidad de intercambio catiónico (CIC), y el por ciento de saturación por bases; en el aspecto físico: la compactación, velocidad de infiltración, textura, grado de gleyzación; y en la biológica: el contenido de materia orgánica, su actividad con respecto a la arcilla, y grado de humificación, entre otras; todos en función de la dinámica de la información en el tiempo, referidos en mapas temáticos.

A las muestras de suelos se les determinó por el laboratorio: pH en agua y cloruro de potasio, (NC- ISO-10390); P₂O₅ y K₂O (NC-52/99); determinación de la acidez hidrógeno y aluminio cambiante, (NC-38/99); cationes intercambiables (NC-65/200); % de Materia Orgánica: (NC-51/99); determinación eléctrica y de las SST en suelos afectados por la salinidad: (NC-112/

2004); humedad del suelo (NC-110/2001); determinación de la textura, (NC-ISO-11277); densidad aparente, (NC-ISO-11508); peso específico, (NRA6 408:1981); procesamiento de la información.

Los programas empleados están instalados en computadora. Los portadores de información, se corresponden con hojas cartográficas a escala 1: 25 000 y mapas topográficos a escala 1: 10 000, así como bases de datos independientes e imágenes (fotos) de la zona de trabajo y áreas aledañas. Una vez recopilada la información y realizado el análisis previo de la misma, se procedió a la digitalización. Para el procesamiento digital se utilizó el programa AutoCAD MAP 2000, con ellos se crearon los archivos de dibujo con extensión Dwg y Mapinfo, versión 5.5, con el cual se crearon las capas de información, cada una con su base de datos. 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.

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. Además, se pueden crear los mapas temáticos de interés, de acuerdo con las columnas de la base de datos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La explotación intensiva de los suelos como resultado histórico del mal uso y manejo de las tierras por el hombre, es la causa fundamental en nuestro país de la degradación de las tierras. El factor antrópico condujo al desarrollo de tecnologías de laboreo que han acelerado el proceso de erosión, acidificación, salinización y compactación de las tierras; entre otros procesos de degradación, que son los más importantes que se desarrollan en Cuba, unido a otros procesos y condiciones edafoclimáticas que actúan conjuntamente en las áreas propensas e intensifican la evolución hacia la aridez. (CIGEA 2001)

Al evaluar estos resultados se elaboraron (primera versión), los mapas temáticos (workspace), a escala 1:25 000, que reflejan por cada polígono los indicadores químicos,

físicos y biológicos del suelo. Dentro de los principales problemas detectados en el área de estudio, en cuanto a los derivados de las propiedades químicas de los suelos se presentaron los siguientes:

1. *Acidez del suelo*: donde la suma de las áreas afectadas por las categorías de excesivamente ácido y fuertemente ácido alcanza el 75 % de la superficie total. Está relacionado con la baja actividad arcillosa de estos suelos, con valores de la capacidad de intercambio catiónico (CIC) que, en la mayor parte del área son muy bajos, así como con la existencia de contenidos relativamente altos de aluminio cambiante. Similares resultados han obtenido Gálvez *et al* (2003).

2. *Capacidad de intercambio catiónico*: de muy baja a baja en el 80 % de las áreas, con valores por debajo de 10 cmol⁽⁺⁾/kg, determinada por las propiedades específicas de las fracciones adsorbentes (poco contenido de arcilla y poco contenido de materia orgánica). Similares resultados obtuvieron Otero *et al.* (1998 y 2000) en estudios realizados en la zona y que corroboran otros autores para los suelos de la provincia. (Navarro, 1999), (Gálvez 1999 y 2000), Cabrera *et al.* (2000) y Porras *et al.* (2000)

3. *Fósforo asimilable*: donde los contenidos de fósforo asimilable presentes correspondieron a las categorías de bajos a medios, destacándose que el 60 % del área está comprendida en valores por debajo de 10 cmol⁽⁺⁾/kg, lo que indica que toda el área está afectada por este factor limitante, el que guarda relación con la acidez predominante. Lo anterior indica que los suelos están comprendidos entre las categorías P₁ y P₂, lo que justifica la pobre fertilidad que presentan la inmensa mayoría de las tierras, lo que determina los bajos rendimientos que se obtienen en los cultivos agrícolas. A similares resultados han arribado Hernández *et al.* (1996), Otero *et al.* (1998 y 2003) y Gálvez *et al.* (2003).

4. *Potasio asimilable (K_2O):* en el 100 % del área se presentaron problemas, reportándose con tenores bajos (K_1), lo que demuestra pérdidas de este elemento por lixiviación; el potasio es uno de los elementos esenciales con mayor número de funciones dentro de las plantas, juega un importante papel hídrico en las mismas, (INPOFOS, 1996). Este déficit es debido a que durante muchos años estos suelos se han estado cultivando sin que hayan recibido aportaciones de enmiendas orgánicas o el beneficio de técnicas de cultivo que tiendan a mantener o elevar este índice en el suelo a través de la rotación de cultivos, incorporación de abonos verdes, medidas antierosivas, etc. Similares resultados han obtenido trabajando en áreas de la Llanura Sur de Pinar del Río, Gálvez *et al.* (2005), Rivero *et al.* (1998) y Otero *et al.* (2004).

En cuanto a los principales derivados de las propiedades físicas de los suelos se destacaron los siguientes:

1. *Compactación del suelo:* determinada por altos valores de la densidad aparente (DA) del suelo que, incluso en la capa superficial, llega a $1,30 \text{ g/cm}^3$, mientras que en la capa subsuperficial más arcillosa, alcanza valores entre $1,40$ y $1,60 \text{ g/cm}^3$. Este hecho actúa como uno de los factores que conducen a otros problemas como el mal drenaje interno del suelo, determinado por los valores de la velocidad de infiltración que no sobrepasan los 36 mm/h , en el 50 % de las áreas, y que también se relacionan con una gleyzación que alcanza categorías de fuerte a muy fuerte en la mayor parte del área. Similares resultados han obtenido Otero *et al.* (1998) y Gálvez *et al.* (2000) en trabajos desarrollados en condiciones de suelo semejantes.
2. *Velocidad de infiltración:* a pesar de predominar la textura arenosa en los suelos del área en estudio, el 50 % de ellos presentaron rangos de la velocidad de infiltración entre bajos y medios (valores entre 11 y 34 mm/h), este hecho actúa

como uno de los factores que conducen a otros problemas como el mal drenaje interno del suelo. Similares resultados han obtenido Rivero *et al.* (1998) y Otero *et al.* (2004), para semejantes condiciones de suelo. Lo anterior explica el hecho de que casi el 30 % de la superficie cultivada esté dedicada al arroz y el 20 % a pastos, sin que estos usos estén comprendidos en el objeto social de la Cooperativa. Además, esto se agrava al no existir un sistema de drenaje superficial que contribuya a la evacuación de las aguas excedentes, debido a lo cual existen áreas de encharcamiento durante la época lluviosa.

3. *Profundidad efectiva:* más del 75 por ciento del área está entre poco profunda y muy poco profunda (menor de 25 cm), lo que afecta a la mayoría de los cultivos. Esta condición ha determinado la utilización de tecnologías no conservacionistas en el manejo de los suelos, que incluyen entre otras el excesivo empleo de la vertedera y el disco en la preparación de los suelos, lo que va conformando capas compactas sobre los $20\text{-}25 \text{ cm}$ de profundidad; utilización de técnicas de riego inadecuadas que provocan pérdidas considerables del horizonte superficial, etc, que coinciden con trabajos realizados por Rivero *et al.* (1998) y Otero *et al.* (2000).

En cuanto a los principales derivados de las propiedades biológicas de los suelos se destacaron los siguientes:

1. *Contenido de materia orgánica (M.O %):* teniendo en cuenta los criterios de evaluación nacional e internacional, Instituto de Suelos (1982), FAO (1983) y Ortiz *et al.* (1994), se tomó el contenido de materia orgánica como criterio para evaluar el comportamiento biológico del suelo. Como resultado, en el área de estudio se obtuvo que en el 56 % del área se reportaron valores muy bajos ($<1,5 \%$), mientras que en el 44 % restante los valores fueron bajos ($1,5\text{-}3,0 \%$). Este déficit es debido a que durante muchos años se han estado cultivando los suelos sin que hayan recibido aportaciones de

enmiendas orgánicas o el beneficio de técnicas de cultivo que tiendan a mantener o elevar este índice en el suelo a través de la rotación de cultivos, incorporación de abonos verdes, medidas antierosivas, etc. Similares resultados en los suelos de la provincia reportan Navarro (1999); Gálvez *et al.* (1999 y 2000) y Otero *et al.* (2003). Es interesante destacar que cuando se hizo el análisis de la participación de la materia orgánica y la arcilla en el intercambio de cationes de estos suelos, se pudo comprobar la disminución del porcentaje de intercambio de la parte orgánica de estos suelos, ocasionando la degradación paulatina de los mismos, lo que se agrava por las características de baja fertilidad de estos

suelos. Es de destacar el pH tan bajo, y cómo la CCB se ha perdido de la capa superficial acumulándose entre los 30 y 40 cm de profundidad; similares resultados obtuvieron Gálvez *et al.* (2005) y Otero *et al.* (2003).

Los problemas se ordenaron (tabla 1) de forma que, de ahora en adelante, deben conservar un número de orden fijo, el cual determina el valor del atributo kn, calculado a través de la ecuación de los números binarios. Este aspecto resulta imprescindible para la posterior creación de los mapas integrados de problemas y soluciones. Para este caso, dejaremos el orden ya establecido, a partir del cual se obtiene el resultado.

Tabla 1. Ordenación de los principales problemas identificados en el área de estudio

No. Orden	kn	Enunciado	Indicador
1	1	Suelo fuertemente ácido	PH < 4,50
2	2	Suelo ácido	PH 4,51-5,00
3	4	Suelo medianamente ácido	PH 5,01-6,00
4	8	Muy bajo contenido en materia orgánica	MO < 1,58 %
5	16	Bajo contenido en materia orgánica	MO 1,59-2,50 %
6	32	Muy baja capacidad de intercambio catiónico	CIC < 10,00 cmol (+). kg ⁻¹
7	64	Baja capacidad de intercambio catiónico	CIC 10,01-20,00 cmol (+). kg ⁻¹
8	128	Compactación superficial	DA > 1,25 g. cm ⁻³ (en 0-20 cm)
9	256	Compactación subsuperficial	DA > 1,30 g. cm ⁻³ (en 41-60 cm)
10	512	Bajos valores de la velocidad de infiltración	Vi < 15 mm / hora
11	1024	Muy poca profundidad efectiva	Categoría "Muy poca"
12	2048	Poca profundidad efectiva	Categoría "Poca"

Leyenda: PH = Acidez actual; MO = materia orgánica; CIC = capacidad de intercambio catiónico; DA = densidad aparente; Vi = velocidad de infiltración.

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 aplicó la tecnología SIG, para expresar la distribución espacial de dichos problemas, con las bases de datos necesarias que garantizan salidas útiles para los decisores.

Uno de los aspectos más significativos para el sistema propuesto, fue 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, Garea 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. En la figura 1, se muestra el Mapa de Combinación de Problemas (MCP). El mismo sintetiza toda la problemática, analizada hasta aquí, para dicha área. Cada sección en que ella se divide, es una zona de combinación de problemas, a cuyo conjunto corresponderá un grupo de soluciones. El decisor lo puede utilizar a través de los medios de cómputo y también se puede imprimir a escala de trabajo, con una simbología que muestra las características de la problemática, en cada zona de combinación.

En el cuadro que acompaña a la figura 1, se hace una síntesis, a modo de ejemplo, de cómo se accede y se maneja la distribución espacial de los problemas identificados, por zonas de combinación. Este tipo de mapa puede ser utilizado con dos fines esenciales: para expresar la distribución espacial de categorías de degradación, desde el punto de vista medioambiental y para trazar la estrategia de conservación y mejoramiento de los suelos y demás componentes del Medio Ambiente, en los Agroecosistemas. Tiene la propiedad de que es muy fácil de utilizar por los decisores.

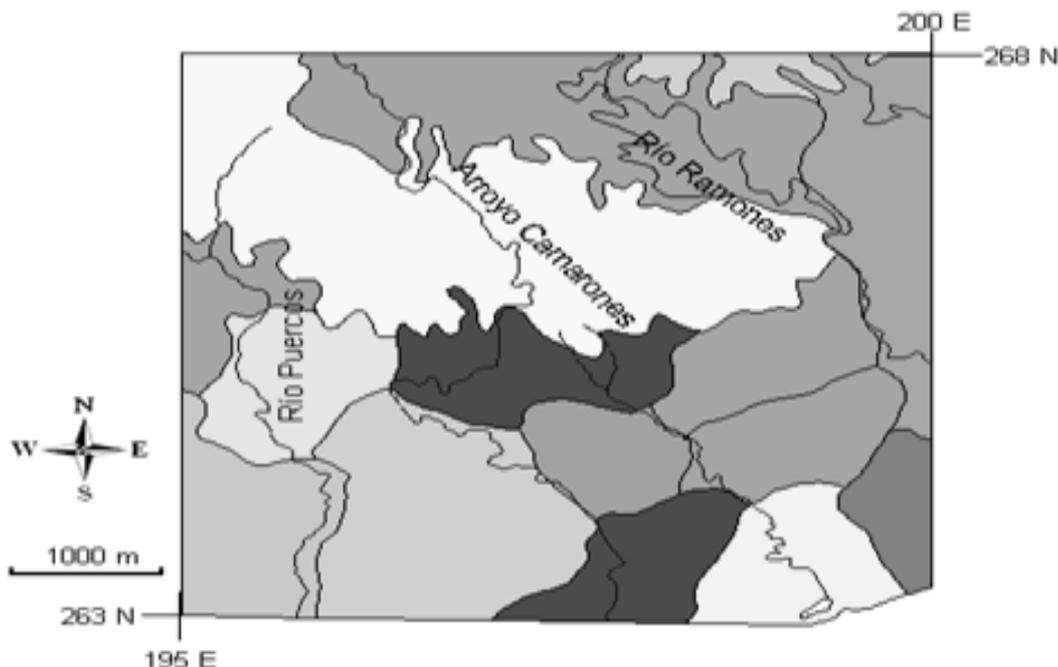


Figura 1. Mapa de combinación de problemas. Escala de trabajo 1:

Cuadro adjunto al mapa de combinación de problemas

Símbolo	Clave	Valor de kz	Enunciado de los problemas
	A	1444	Acidez media, muy baja CIC, compactación superficial, compactación sub-sup, muy poca profundidad efectiva.
	B	1449	Acidez fuerte, muy bajo cont. MO, muy baja CIC, compactación superficial, compactación sub-sup, muy poca profundidad efectiva.
	C	1482	Acidez media-fuerte, muy bajo cont. MO, baja CIC, compactación superficial, compactación sub-sup, muy poca profundidad efectiva.
	D	1961	Acidez fuerte, muy bajo cont. MO, muy baja CIC, compactación superficial, compactación sub-sup, baja velocidad de infiltración, muy poca profundidad efectiva.
	E	1993	Acidez fuerte, muy bajo cont. MO, baja CIC, compactación superficial, compactación sub-sup, baja velocidad de infiltración, muy poca profundidad efectiva.
	F	2345	Acidez fuerte, muy bajo cont. MO, muy baja CIC, compactación sub-sup, poca profundidad efectiva.
	G	2354	Acidez media-fuerte, bajo cont. MO, muy baja CIC, compactación sub-sup, poca profundidad efectiva.
	H	2473	Acidez fuerte, muy bajo cont. MO, muy baja CIC, compactación superficial, compactación sub-sup, poca profundidad efectiva.
	I	2481	Acidez fuerte, bajo cont. MO, muy baja CIC, compactación superficial, compactación sub-sup, poca profundidad efectiva.
	J	2513	Acidez fuerte, bajo cont. MO, baja CIC, compactación superficial, compactación sub-sup, poca profundidad efectiva.
	K	3025	Acidez fuerte, bajo cont. MO, baja CIC, compactación superficial, compactación sub-sup, baja velocidad de infiltración, poca profundidad efectiva.

CONCLUSIONES

1. El estudio de los factores edáficos limitantes en el área de referencia, permitió identificar como los que mayor incidencia tienen en la degradación del suelo a: la elevada acidez del suelo (pH), el bajo contenido de materia orgánica, la baja capacidad de cambio catiónico, los bajos contenidos en fósforo y potasio asimilables, la poca profundidad efectiva, compactación superficial y la baja velocidad de infiltración de los suelos.
2. El estudio, caracterización y combinación de los problemas a partir de los factores edáficos limitantes da la posibilidad de obtener zonas de combinaciones de problemas, que permiten buscar mayor impacto en lo económico, ambiental y social para contrarrestar la degradación del suelo.
3. Sobre la base del estudio de los factores edáficos limitantes, la ordenación de los principales problemas identificados según su grado de incidencia en magnitud de unidad de superficie, queda de la siguiente manera: elevada acidez de los suelos, bajo contenido de materia orgánica, baja capacidad de intercambio catiónico, compactación superficial y subsuperficial, baja velocidad de infiltración y profundidad efectiva.

BIBLIOGRAFÍA

1. BOSQUE SENDRA, J.: *Sistemas de Información Geográfica*. Ediciones Rialp, S. A., Madrid, 1992.
2. BOUZA, H. ET AL.: "Utilización de la labranza mínima en los suelos tabacaleros de la Provincia de Pinar del Río", *Ciencias Agrícolas* (10): 76- 84, 1981.
3. BRABANT, P.: "Pedologie et systeme d'information géographique. Comment introduire les cartes de sols et les autres données sur les sols dan les SIG?", *Pedologie* XXVII(2); 315-347, 1992.
4. CABRERA, E. ET AL.: Informe con base de datos y criterios sobre la evolución de los suelos y cultivos en el área de referencia. Informe Etapa del PT 0311, 15 pp., en: Archivos Dirección Suelos de Pinar del Río, 2000.
5. CASTRO, N. C. ET AL.: *Comprobación de la eficacia de la dirección de los surcos en el control de la*

erosión en el cultivo del tabaco. Instituto de suelos. La Habana, 8 pp., 1989 (inédito).

10. CIGEA: *Panorama Ambiental de Cuba*, Edit, PNUMA, CITMA, Academia Editorial, CIGEA, La Habana, p. 101, 2001.

11. DIEZ, A.: "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., 2002.

12. DIRECCIÓN GENERAL DE SUELOS Y FERTILIZANTES: *Suelos de la provincia de Pinar del Río según el mapa a escala 1: 50 000*, 177 pp., Editorial Científico-Técnica, La Habana, 1984.

13. FAO: *Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*, 1983.

14. _____: *Erosión de suelos en América Latina, Suelos y Aguas*, pp. 33-52, 1994.

15. GÁLVEZ, V.: Determinación y solución de los factores limitantes para la obtención de rendimientos sostenibles de arroz en la UEBA Caribe, informe final etapa, proyecto 0105, 2002.

16. GÁLVEZ, V. ET AL.: Caracterización del área objeto de estudio. Informe final etapa 01 del PT 0130, 15 pp., en Archivos Dirección Suelos de Pinar del Río y CITMA, 2003.

17. _____: "Breve reflexión de los suelos de la llanura Sur de Pinar del Río" *Revista Agricultura Orgánica* 4(1): 14-15, 1999.

18. _____: Interacciones entre las propiedades de los suelos, el manejo y el entorno en el sur de Pinar del Río. Fondo bibliotecario Academia de Ciencias de Cuba, 2000.

19. _____: Informe final del proyecto territorial Aplicación práctica de sistema automatizado a la Conservación y el Mejoramiento de los suelos y del Medio Ambiente en la empresa de cultivos varios, Consolación del Sur, 34 pp., 2005.

20. GAREA, E.: Métodos para el manejo de la información de suelos en las regiones montañosas de Cuba mediante técnicas digitales, 114 pp., Tesis en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Técnico Militar José Martí, La Habana, 2003.

21. GAREA, E. ET AL.: Metodología para optimizar las medidas de conservación y mejoramiento de suelos y otros componentes del medio ambiente en unidades de producción agropecuaria, 15 pp., Trabajo presentado al XIV Forum de Ciencia y Técnica, Instituto de Suelos, 2002.
22. GEOCUBA: Sistema Informativo del Catastro Nacional, Pinar del Río, 2001.
23. HERNÁNDEZ, A. ET AL.: La desertificación y procesos de degradación de los suelos en algunas regiones de Cuba, Ponencia al I Taller Nacional sobre desertificación, 21 pp., Instituto de Suelos, 1996.
24. INPOFOS: Las aplicaciones de potasio pueden ahorrar mucha agua. Informaciones agronómicas. Ed. para México y Norte de Centro América, 1(5): 11, abril de 1996.
25. INSTITUTO DE SUELOS: Metodología provisional para evaluar la degradación de los suelos. 26 pp. Ministerio de la Agricultura, Empresa Nacional de Proyectos agropecuarios, 1982.
26. _____: Programa Nacional de Mejoramiento y Conservación de Suelos, Principales factores edáficos limitantes y áreas afectadas en Cuba, p. 8, 2001.
27. LAU QUAN, A. ET AL.: Estimación de la salinidad de los suelos utilizando una imagen espectrozonal y el Sistema de Información Geográfico TeleMap. Universidad Agraria de La Habana-Geocuba, Informe de Resultado, 12 pp., 1998.
28. 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", 107 pp., La Habana, 2001.
29. NAVARRO, N.: "Degradación de los suelos provocada por el monocultivo en la granja arrocera Caribe", *Agricultura Orgánica* 4(1): 16-17, 1999.
30. NC, CUBA. Determinación del pH; formas móviles del fósforo, potasio y % de Materia Orgánica: NC-ISO- 10390; NC- 52/99 y; NC- 51/99. Calidad del suelo. Análisis Químico.
31. NC CUBA. Determinación de la Textura, densidad y peso específico: NC-ISO-11277; NC- ISO-11508 y, NRA6 408:1981. Calidad del suelo.
32. Ortiz., M. de la Luz M. et. al.: *Evaluación, Cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra*, Primera Edición Español, 162 pp., ISBN. 968-839-186-7. CONAZA, México, 1994.
33. OTERO A. ET AL.: Informe sobre el estado de degradación de los suelos de la llanura Sur Occidental de la provincia de Pinar del Río, Informe etapa del PT 0207, 12 pp., en Archivos Dirección Suelos de Pinar del Río, 1998.
34. _____: Manejo integrado de los suelos afectados por los procesos degradativos de un agrosistema de la CCS Máximo Lugo del municipio San Juan, Pinar del Río. Informe Final PT 0208, 45 pp., en Archivos Dirección Suelos de Pinar del Río, 2000.
35. _____: Aplicación práctica de un Sistema Automatizado a la conservación y mejoramiento de los suelos y del Medio Ambiente en áreas de tabaco de Las Martinas. Informe Segunda Etapa, Proyecto PT0317, 12 pp. Instituto de Suelos, 2004.
36. _____: Aplicación práctica de un Sistema Automatizado a la conservación y mejoramiento de los suelos y del Medio Ambiente en áreas de tabaco de Las Martinas. Informe Primera Etapa, Proyecto PT0317. Instituto de Suelos. Informe Primera Etapa, Proyecto PT0316, Instituto de Suelos, 2003.
37. PACHECO, B. O.: Medidas de conservación para suelos potencialmente erosionables de relieve llano a ondulado. Tesis en opción al título de Máster en Fertilidad del Suelo, 50 pp., 2000.
38. PANAMÁ: Acelerada degradación de los suelos más productivos en Panamá. No 42. Disponible en: <http://www.campus-oei.org/sii/numero35/servicio.htm>. [Consulta: Agosto 2001], 2001.
39. PEÑA, F. ET AL.: Influencia de las medidas antierosivas en condiciones estacionarias y de cuencas en el mejoramiento y manejo de suelos erosionados, Informe de etapa del Resultado 00509, 36 pp., Inst. de Suelos, MINAG, 1995.
40. PONCE DE LEÓN, D. ET AL.: "Evaluación de la aptitud de las tierras en áreas cañeras salinizadas. 2. Utilización de un SIG", rev. *Cuba y caña* 2(1): 33, enero-abril, INICA, 1997.
41. _____: "Evaluación de la aptitud de las tierras

- en áreas cañeras salinizadas. Aplicación de los conceptos de FAO”, rev. *Cuba y Caña* 1(3); 13-17, sept-dic., INICA, 1996.
42. PORRAS P. ET AL.: Tecnología Integral para la producción sostenible de Tabaco de Sol en Palo en Consolación del Sur. Informe Final del PT 0308, 32 pp., en Archivos Dirección Suelos de Pinar del Río y CITMA, 2000.
43. RADKOV, D. P. ET AL.: *Estudio sobre la erosión en la Estación Experimental del Tabaco, San Juan y Martínez*, 8 pp., Instituto de Suelos, La Habana, 1973.
44. RIVERO L. ET AL.: Sistema integrado para la toma de decisiones, dirigidas a la conservación y mejora-miento de suelos, en unidades de producción agro-pecuaria, en: “Taller de Fertilidad del Suelo y Nutrición de las plantas”, Congreso Científico del INCA (14: 2004, nov 9-12, La Habana). Memorias, CD-ROM, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, 2004. ISBN 959-7023-27-X.
45. _____: Sistema de Información, Sistema de Monitoreo y Soluciones Tecnológicas para preservar a los suelos de la salinidad y posible impacto de los cambios climáticos en Agroecosistemas con problemas actuales y potenciales de salinización, Informe Final del Proyecto 01305005, Programa Nacional Científico-Técnico Los Cambios Globales y la Evolución del Medio Ambiente Cubano, Instituto de Suelos, 125 pp., 72 Figuras, 28 Tablas y 34 Fotografías, 2001.
46. RIVEROL, M. ET AL.: Bordos de desagüe, una tecnología para reducir las pérdidas de suelo. Profrijol para Centroamérica Méjico y el Caribe. Generación de tecnologías para una producción sostenible. Boletín # 1. Inst. suelos. MINAG, 1998.
47. SOTO, E. Y A. LÓPEZ: El sistema de Información Geográfica: Una Herramienta valiosa para la actividad agrícola, frente al nuevo siglo, XV Congreso Latinoamericano y V Cubano de la Ciencia del Suelo, Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, Boletín N° 4, 222 pp. (ISSN1609-1878), 2001.
48. VAN WESTEN, C. J.: “Remote sensing and geographip information system for geologic hazard mitigation”, *ITC Journal*, 1993.
49. VAN WESTEN, C. J.: (1997). Hazard, vulnerability and risk analysis. ILWIS for Windows, Application Guide, ILWIS Department, ITC, Holland, 1997.
50. WIELEMAKER, W. G. Y A. W. VOGEL: Un sistema de información de Suelos y tierras para la zona atlántica de Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE); Universidad Agrícola de Wageningen (UAW), Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG). Phase 2; Report No. 22, 82 pp., 1993.

Recibido: 26 /Junio /2006

Aceptado: 23/Marzo/2007