



UNIVERSIDAD CENTRAL "MARTA ABREU" DE LAS VILLAS

Facultad de Química y Farmacia

**ESTUDIO DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL DEL RECURSO
SUELO. ESTUDIO DE CASO, MUNICIPIO ENCRUCIJADA**

**Tesis en opción al título de Master en Ingeniería en
Saneamiento Ambiental.**

Autor: Lic. Osvaldo Prieto Díaz

Tutor: Dr.C. Julio Pedraza Garciga

Santa Clara. 2010

"Año 52 de la Revolución"

Resumen

En el presente trabajo se realizó el diagnóstico sobre el recurso suelo del municipio de Encrucijada determinando los principales problemas ambientales que presenta el mismo. Para la caracterización del territorio se utilizaron diferentes fuentes de información disponibles, así como métodos empíricos tales como: la observación científica, la encuesta, la revisión de documentos y el Criterio de expertos que permitieron profundizar en las causas de los problemas del suelo. Se utilizó además la técnica de Ishikawa que permitió establecer las barreras que dificultan el adecuado uso de este importante recurso en el territorio. Se propone un plan de medidas que abarca medidas generales y específicas a cumplir en el municipio y que deben ser ejecutadas por los responsables declarados en el propio plan de medidas para lograr su uso sostenible.

Abstract.

In the present work, a diagnosis study about the land resource in the Encrucijada municipality was made, determining the main environmental problems. For the territory characterization were reviewed different available information sources, as well as empiric methods such as: the scientific observation, the survey, documents revision and expert's criterion that allowed deepening in the causes of the land problems in the territory. The Ishikawa's technique was used to identify the barriers that hinder the appropriate use of this important resource. As a result of this work, a plan was proposed including general and specific recommendations to better this resource in the municipality in the framework of sustainable development.

Indice

Contenido	Página
Introducción.....	1
Capítulo I: Revisión bibliográfica.....	5
1.1 La degradación de los suelos en Cuba, principales manifestaciones...	6
1.2 La contaminación de los suelos.....	13
1.3 Salinidad del suelo.....	19
1.4 Erosión del suelo.....	21
1.5 Factores limitantes del suelo.....	24
Capítulo II. Caracterización general y diagnóstico de la situación que presenta el recurso suelo en el municipio Encrucijada.....	32
2.1 Caracterización general del recurso suelo del municipio Encrucijada...	32
2.2 Factores limitantes de los suelos de Encrucijada.....	36
2.3 Caracterización del CAI Abel Santamaría.....	42
2.4 Caracterización del CAI “Perucho Figueredo”.....	45
2.5 Caracterización del CAI “Emilio Córdova”.....	48
2.6 Principales limitantes en el desarrollo de la caña de azúcar.....	50
Capítulo III: Propuesta del Plan de Medidas.....	60
3.1 Medidas Generales.....	60
3.2 Plan de medidas específicas a cada barrera detectada.....	61
3.3 Posibles soluciones al problema del suelo.....	63
3.4 Resultados de la valoración de los expertos consultados.....	67
Conclusiones.....	71
Recomendaciones.....	72
Bibliografía.....	73
Anexos.....	

Introducción

Nunca como hasta ahora la inquietud ante la situación del medio ambiente ha sido tan evidente en la comunidad internacional. Aunque los problemas ambientales no son nuevos; su dimensión y gravedad unido a la evolución del pensamiento científico - tecnológico y el desarrollo de los medios de comunicación que configuran a partir de la década de 1960; generan un estado de opinión cada vez más sensible sobre el impacto de la actividad humana en el medio ambiente, que pone en peligro nuestra casa común: "El Planeta Tierra".

En la actualidad los problemas asociados a la destrucción del Medio Ambiente; ocupan un lugar importante dentro del sistema de preocupaciones socio - políticas, económicas y educativas, de ahí que científicos, políticos y economistas estén enfrascados en la búsqueda de soluciones inmediatas a escala local, regional e internacional.

La problemática ambiental que vive hoy la humanidad, es el resultado del deterioro de las relaciones naturaleza - sociedad y que adquieren matices de carácter universal siendo los más significativos los fenómenos de cambio climático que comprometen los niveles de productividad, adelgazamiento de la capa de ozono, pérdida del suelo fértil, agotamiento de combustibles y lluvias ácidas.

El incremento paulatino de estos fenómenos, unidos al incesante crecimiento de la población mundial deben ser ubicados en el contexto de la crisis global de la sociedad del nuevo milenio, en que urge un cambio; pues los modelos de desarrollo dominantes constituyen el marco en el que se generan los más importantes desequilibrios para el medio ambiente. Así, la situación llega a ser paradójica, mientras se producen esfuerzos desde muy diversas instancias para abordar y controlar los problemas ambientales, la dinámica de los sistemas socio - económicos vigentes y la aplicación de políticas consumistas contribuyen al agravamiento de dichos problemas. Estos saldos marcan la necesidad de transitar hacia un nuevo modelo de relación entre los hombres y su ambiente. Todo ello obliga a replantear el papel de la ciencia, por la necesidad de dar respuesta con una racionalidad científico tecnológico.

En Cuba gracias a la existencia de una sociedad caracterizada por un profundo humanismo, se han trazado políticas destinadas a garantizar la preservación de nuestros recursos naturales a partir de un uso racional de los mismos, con vistas a garantizar el futuro de las nuevas generaciones; sin embargo aún es preciso avanzar más en el desarrollo de cambios en la cultura de las personas en su relación con la naturaleza.

Debido a las dificultades creadas por el bloqueo económico de los EE.UU. y las generadas por las estructuras económicas heredadas del sistema capitalista que suponen una gran dependencia de las importaciones, surge la necesidad de aumentar y diversificar las producciones para garantizar la satisfacción de las necesidades crecientes de la población. Dentro de estas acciones la diversificación de las producciones agrícolas tienen un gran peso, sin embargo esta esfera de la economía es una de las que más impacta directamente sobre la naturaleza, siendo el suelo el medio de producción fundamental de la rama agropecuaria.

Es precisamente en el suelo donde se reciben los efectos nocivos de las prácticas agrícolas y en fin de toda la práctica humana, siendo la degradación de los mismos uno de los principales problemas ambientales reconocidos a escala nacional y mundial.

La eliminación del monocultivo heredado de la etapa neocolonial inicialmente y el resurgir de otras formas de agricultura han constituido un gran paso en ese sentido. El impulso de la agricultura orgánica, el manejo integrado de plagas y enfermedades a partir del uso de productos biológicos para el control de las mismas, el uso de la tracción animal y la aplicación de medidas de tipo agrotécnico han constituido atinadas prácticas ecológicas.

Por otra parte una de las más trascendentales acciones llevadas a cabo por el gobierno revolucionario ha sido la formación de la mano de obra calificada, la que en la rama agrícola ha estado basada en la formación de miles de técnicos medios e ingenieros agrónomos con alto grado de integralidad.

A pesar de todos estos esfuerzos que se han llevado a cabo a lo largo de 50 años de revolución; todavía resultan insuficientes las acciones que se llevan a cabo para la preservación del medio. Específicamente en el caso de los suelos, se aprecian en el país un grupo de problemas ambientales que se presentan de manera generalizada en todas las provincias.

En el caso del municipio de Encrucijada, de la provincia Villa Clara, debido fundamentalmente a razones de tipo geográfico, climáticas y a prácticas agrícolas deficientes se han ido acumulando un grupo de problemas con el recurso suelo que afectan en cierta medida su productividad y conservación.

Aunque se han realizado estudios al respecto dirigidos por varias instancias municipal, provincial y nacional con respecto a la situación de los suelos de este municipio; en su mayoría se han referido a problemas de tipo productivo, sin que se haya estudiado a profundidad la situación ambiental que presentan los mismos, así como las causas que los originan, por lo que se define como el **problema científico** de esta investigación el siguiente:

A pesar de que existen estudios de suelos y una estrategia por el CITMA, en el municipio Encrucijada no se cuenta con un diagnóstico sistémico de los problemas ambientales que presentan los mismos, de las causas que los originan, y las barreras que impiden su adecuada conservación y uso sostenible.

Hipótesis:

Con el estudio de caso del recurso suelo del municipio Encrucijada, la identificación mediante el diagnóstico de los principales problemas ambientales, sus causas, y las barreras que frenan su conservación y a la aplicación de un plan de medidas; se podrá contribuir a su solución y al uso más sostenible del mismo.

Objetivo general:

Realizar un estudio sobre el recurso suelo del municipio Encrucijada que permita la aplicación de un plan de medidas que contribuya a la solución de las principales barreras que frenan la conservación y el uso más sostenible del mismo.

Objetivos específicos:

1. Analizar a partir del estudio bibliográfico; los fundamentos teóricos y los antecedentes acerca del estudio de los problemas ambientales del suelo, su uso y conservación.

2. Diagnosticar las características de los problemas ambientales que presentan los diferentes tipos de suelos del municipio Encrucijada y las barreras que dificultan su conservación y uso sostenible.
3. Proponer, sobre la base del estudio de cada barrera detectada, un plan de medidas para contribuir a su solución.

Capítulo I: Revisión bibliográfica

Los recursos naturales de los que dispone el hombre pueden llegar a agotarse. El medio ambiente está enfermo y la responsabilidad es fundamentalmente del hombre que no ha sabido cuidar en condiciones su hábitat. El deterioro que sufren actualmente los ecosistemas es algo preocupante, ya que puede llegar a perjudicar el bienestar social.

A medida que el hombre ha evolucionado ha ido desarrollando los medios de producción, la ciencia y la tecnología, lo que ha conllevado al uso irracional de los recursos naturales, conduciendo al mundo hacia una inminente catástrofe por daños al medio ambiente.

La preocupación por el medio ambiente surgió ante la constatación del nivel alcanzado por algunos problemas ambientales, fundamentalmente la contaminación en países industrializados, posteriormente se comprobó que la crisis ambiental afecta al mundo en su conjunto, representando ello un riesgo para la vida. El orden económico internacional imperante, el agotamiento y degradación progresivos de los recursos naturales, la imposibilidad de mejorar el nivel de vida de grandes grupos humanos, entre otros, son problemas que afectan a todos los países, especialmente a los subdesarrollados o en vías de desarrollo y que de no revertirse pondrán en grave peligro la supervivencia de las generaciones futuras.

Florez A. 2008, afirma que “el vertiginoso desarrollo de la revolución científico - técnica sobre todo en los últimos 30 años ha multiplicado de manera extraordinaria las técnicas de explotación e industrialización de los recursos naturales, sin que este mismo desarrollo fuera utilizado para crear tecnologías limpias que armonizaran con el frágil equilibrio que caracteriza a la biosfera, lo que propició el establecimiento de una serie de problemas ambientales globales.”

Según (Yassí A, Kjellstrom T. 2002) los principales problemas ambientales que afectan al planeta son:

- ✓ Agotamiento de la Capa de Ozono.
- ✓ Cambios climáticos.
- ✓ Pérdida de la biodiversidad.
- ✓ Degradación de los suelos.

- ✓ Aumento de la Contaminación.
- ✓ Desertificación.

Para Yassí A, Kjellstrom T. 2002, todos estos problemas traen consigo una serie de consecuencias:

- ✓ Alteraciones del funcionamiento del ecosistema.
- ✓ Alteraciones del ciclo del agua.
- ✓ Deterioro de la calidad del aire, suelos y agua.
- ✓ El calentamiento global.
- ✓ Aumento de la radiación ultravioleta.

De manera general todos los problemas ambientales tienen una influencia directa o indirecta sobre Cuba, sin embargo por constituir un país eminentemente agrícola y por ser el suelo el medio de producción fundamental que garantiza la seguridad alimentaria de las generaciones presentes y futuras, es imprescindible el estudio pormenorizado de sus problemas ambientales y sus manifestaciones.

1.1 La degradación de los suelos en Cuba, principales manifestaciones

Indudablemente en lograr detener el avance de todos estos problemas ambientales, está la garantía de la existencia de nuestro planeta y especialmente de la especie humana, sin embargo en el contexto de la crisis alimentaria que vive hoy la humanidad, unido al crecimiento demográfico que se produce en los países pobres, se hace necesario profundizar de manera particular en la degradación de los suelos por la influencia directa que este tiene en la producción de alimentos a escala nacional y mundial.

Desde siempre el suelo ha sido considerado como una mezcla más o menos suelta de pequeños fragmentos de roca y materiales de origen orgánico, junto con líquidos y gases en proporción variable de sus respectivos componentes, con una determinada capacidad productiva.

Pocas indicaciones nos han llegado sobre la concepción, o concepciones del suelo de la Grecia clásica. Empédocles (483 - 430 a.C.) concibe el suelo, juntamente con el fuego, agua y aire, como materia básica del Universo. Los conceptos de tierra y suelo eran sinónimos, y la idea de que el suelo fue uno de

los componentes básicos de cualquier materia, persistió durante muchas centurias.

Teofrasto (370 -287 a.C.), alumno de Aristóteles, definió el suelo con el término "edaphos " para diferenciarlo de la tierra como cuerpo cósmico, y distinguió en él varias capas: superficial, con un contenido variable en humus; subsuperficial, que suministraba nutrientes al sistema radicular herbáceo; substrato, que alimentaba las raíces de los árboles; y finalmente, por debajo el dominio del reino de la oscuridad.

Un gran número de escritores de la Roma clásica, grandes observadores, obtuvieron datos empíricos que permitieron mejorar el uso y manejo de los suelos y, consecuentemente aumentar la producción de alimentos y fibras. Entre ellos, cabe destacar a Cato el Antiguo (234 -149 a.C.), quien en su obra "De agricultura", escrita hacia el 160 a.C., refleja su experiencia personal en los trabajos del campo.

Virgilio (70 -19 a.C.) por su gran vinculación con la política de reanudar la actividad agrícola, trata del suelo en dos de los cuatro libros que constituyen las "Geórgicas". Su concepto de suelo es solo el que deriva de la idea del "medio que soporta la vida vegetal". Los clasifica según las propiedades visibles en la superficie cultivada, como color, textura y pedregosidad, así como la profundidad o desarrollo del suelo.

Los árabes, cuya cultura es la más sobresaliente de la época, modifican las técnicas de uso del suelo.

En el Renacimiento se produce un redescubrimiento de los clásicos y es un periodo de transición hacia la nueva ciencia del siglo XVII. Es obligado citar al francés Bernard Palissy (1510-1590). En su libro "Traité des sels divers et de l'agriculture", estudia diversas características del suelo, su corrección e inicia el empleo de abonos minerales naturales.

En el Siglo XVII se inicia la búsqueda del "principio de vegetación" o fuente principal de la nutrición vegetal. J. A. Kulbell, 1620 atribuye dicho principio al humus, que denomina "magma unginosum".

La aplicación de los métodos y técnicas químicas, en el Siglo XVIII, permiten efectuar los primeros trabajos científicos del suelo. Así Wallerius, 1778 en su obra "Chemical Foundations of Agriculture", afirma que las plantas se alimentan de humus del suelo, aunque distingue también la parte mineral y propone que

una mezcla conveniente de ambos componentes proporcionaría un óptimo desarrollo.

Ya en el Siglo XIX, Berzelius (1779-1848), definió al suelo como "el laboratorio químico de la Naturaleza, en el cual tienen lugar reacciones de descomposición y síntesis de una determinada manera".

Este punto de vista químico con un enfoque más utilitario, es compartido por Liebig, 1843 cuyas teorías sobre la fertilidad mineral y química del suelo, de importancia capital por otra parte, oscurecieron debido a su éxito, todas las demás direcciones de estudio. Para Liebig, el suelo es el tubo de ensayo en el cual puede uno introducir nutrientes para las plantas. La composición química de las plantas es el criterio con que juzga el suelo. En sus cartas acepta sin reservas la definición de suelo dada por (Walz, 1836) en la que "el suelo está formado por rocas desintegradas y descansa sobre las mismas rocas de que se formó; si ha sido transportado, ha conservado las mismas relaciones con respecto al material de que se originó. Los trabajos de Liebig en 1843, al igual que los de Bousignault, 1832 hacen cambiar el criterio de la nutrición de las plantas, de una fuente puramente orgánica, el humus, como se consideraba hasta el siglo XIX, a una nutrición exclusivamente mineral, consideraron al suelo como el almacén de los compuestos químicos suministrados por los minerales. Son pues, representantes de la teoría mineral estricta.

Thaer en 1809 considera que "el suelo está compuesto de sílice, alúmina, caliza, algo de magnesio, hierro y otras sustancias en cantidades pequeñas". Por otra parte, los suelos fértiles contienen una sustancia compleja, consecuencia de la descomposición de las plantas. Es tan diferente de la tierra, que debe designarse con un nombre distinto, humus. Esta sustancia se descompone y desaparece, mientras que la tierra no. La composición definida por Thaer, 1809 como característica del suelo refleja la importancia dada por él a los análisis químicos y muestra su concepto del suelo como algo compuesto de dos elementos distintos y yuxtapuestos, tierra y humus, con características diversas.

Para Davy, 1843 "el suelo es el laboratorio en el cual se prepara el alimento. Es evidente que en lo que concierne a la productividad de los suelos desarrollados sobre rocas, hay tantos tipos de suelos como especies de rocas expuestas en la superficie de la tierra". Vemos aparecer aquí, junto al criterio de suelo como

soporte de plantas, la visión geológica del suelo, que da una importancia capital al factor roca y que ha condicionado durante mucho tiempo la visión de numerosos investigadores.

Según Páez F. 2003; Springel define el suelo como una masa de material derivado de minerales, que contiene los productos de descomposición de plantas y animales. Es uno de los primeros que se ocupan de los procesos genéticos, indicando que "las fuerzas que descomponen las rocas nativas y las convierten en suelo son el agua, oxígeno, anhídrido carbónico, calor, frío y electricidad. Estos factores genéticos quedan limitados para él a su parte meramente destructiva, como agentes que alteran el material original, no como formadores de cuerpos nuevos. Da una importancia fundamental al clima en relación con la materia orgánica y la productividad: "el valor agrícola del suelo depende, no solamente, de sus propiedades físicas y químicas sino de su posición en relación con el clima. Un mismo suelo puede tener fertilidad en un lugar y no en otro. Cuando el clima es frío se forman menos amoníaco y nitratos en el proceso de destrucción de la materia orgánica y como estas sustancias son importantes para el desarrollo de las plantas, el clima caliente debe ser preferido al frío en este aspecto". El suelo es pues, un cuerpo independiente, ya que sus condiciones de fertilidad pueden cambiar según el clima. Pero aunque éste tiene importancia en la conducta del suelo no parece que se haya dado cuenta de su valor genético, del hecho de que el suelo es un objeto en equilibrio con el clima, sino que aparece como algo externo.

Páez F. 2003, en su análisis de las diferentes concepciones acerca del suelo se refiere a los estudios de Fallou sobre los suelos de Sajonia, donde señala que geológicamente y en un sentido científico general, el suelo es un producto de meteorización con que el tiempo destruye incesantemente el manto de rocas de nuestro planeta y gradualmente lo descompone en la masa del suelo. La idea general sobre suelos en el sentido de la Historia Natural, es que pueden subdividirse en dos categorías: suelos meteorizados y suelos lavados. Tal idea no se refiere al origen del suelo, sino a su génesis. No se puede formar un suelo por un proceso de lavado si antes el agua no toma parte en un proceso de meteorización y descomposición. El suelo es una roca nativa descompuesta, más o menos desintegrada, distinta y separada de la roca nativa compacta, con una adición de materiales orgánicos; la roca ha cambiado

en este sentido y menos frecuentemente en su composición; el suelo como tal no pertenece ya a la roca anterior, sino que es una formación geológica por sí misma. Su criterio es típicamente geológico, tal vez como reacción al excesivo concepto químico de su tiempo, ya que escribe: "hasta hace poco la agricultura se enfocaba desde el punto de vista químico; se piensa que un análisis químico puede dar una idea completa sobre el suelo. La ciencia del suelo no se reconoce como una ciencia por sí misma, sino como una rama de la química agrícola. La ciencia del suelo es una ciencia empírica, la naturaleza misma es su fuente. Las observaciones en suelos sobre sus relaciones geognósticas o sobre su relación a las formaciones de estratos o rocas subyacentes son de especial importancia". Aunque estos puntos de vista parecen modernos y sus conocimientos sobre suelos los obtuvo del estudio de cortes verticales, no llega nunca a describir un perfil como tal y no llega a comprender la génesis del suelo, porque escribe: "la porción orgánica del suelo no puede originarse hasta que el suelo se ha formado, ya que las plantas y los animales, requieren comida y solamente pueden obtenerla del suelo".

Para Werner, Berendt y Lang, 1843 "...el suelo es un producto geológico, es la roca alterada al contacto con el aire..." "...y aunque Berendt distingue claramente entre suelos y materiales sedimentarios sueltos, está de acuerdo con Lang que escribe: "como parte de la corteza terrestre, como parte de la materia muerta que forma la envoltura sólida de la Tierra, el suelo no es más que una clase de roca. Como las rocas no proceden de la eternidad, sino que son formaciones de épocas geológicas, el suelo es un producto histórico de la tierra edificado, en parte, de material pétreo destruido y transformado químicamente, en parte, por ciertos vegetales descompuestos, el humus

Hilgard, 1906 indica que las diferencias climáticas pueden influir materialmente en el carácter de los suelos formados sobre un mismo tipo de roca y precisa, la regularidad de la distribución de los suelos, en función de las distintas condiciones de las regiones naturales. Sin embargo, como se aprecia al tratar el problema de la clasificación, no tiene en cuenta la constitución morfológica como resultado de un proceso genético y es el factor roca madre su principal criterio de clasificación. Igualmente el criterio de fertilidad tiene para él una importancia decisiva, importancia que transmite al Bureau of Soil y a sus seguidores. Su definición del suelo como "el material más o menos suelto y

friable en el cual, por medio de sus raíces, las plantas encuentran un sostén y un alimento, así como otras condiciones de crecimiento, se refiere únicamente a la producción de cosechas.

La ciencia del suelo, como vemos, ha estado dominada en Europa Occidental y Estados Unidos, por el concepto geológico o químico, junto con la preocupación de mejorar las técnicas agrícolas. Se utilizaban en cada caso los métodos y las técnicas de diversas ciencias como Física, Química y Geología. Fue preciso esperar al fin del siglo XIX para que el suelo, propiamente definido, llegase a ser el objeto de una ciencia especial. Sin embargo hasta este momento todas las definiciones y concepciones generales del suelo lo estudian como un elemento desprovisto de toda vida.

En 1882, Dokuchaev inició un estudio sobre evaluación agrícola y capacidad de uso de la tierra en la provincia de Gorki, donde propone una clasificación de suelos naturales o "normales" y acuña algunos de los más famosos nombres de suelos: chernozem, solonchak, sierozem y podsol. Lo más importante de la obra de Dokutchaev es que creó una filosofía conectada con las numerosas relaciones e interrelaciones que existen entre rocas, geomorfología, suelos, aguas superficiales y freáticas, clima, flora, fauna y hombre. Pensó que el suelo era un cuerpo natural con expresión variable en el espacio y en el tiempo.

Otra de las innovaciones introducidas por Dokuchaev, 1886 fue la realización de cortes verticales, a los que denominó perfiles; en ellos observó una secuencia de capas horizontales a las que llamó horizontes, nombres que subsisten actualmente. Finalmente definió los suelos como: "Las formaciones superficiales minerales y orgánicas, más o menos coloreadas por el humus, que constantemente se manifiestan ellas mismas como un resultado de la actividad combinada de los siguientes agentes: clima, organismos vivos y muertos (plantas y animales), material originario y tiempo".

Ya en el Siglo XX, Marbut (1863-1935) llegó a ser uno de los investigadores más conocidos en la Edafología mundial y fundador de la escuela americana de Edafología. Define al suelo como "la capa externa de la corteza de la tierra, usualmente no consolidada que varía en espesor desde una fina película a varios metros, que difiere del material subyacente en color, estructura, textura, constitución física, composición química, características biológicas y, probablemente también, en procesos químicos, reacción y morfología".

A estas concepciones y definiciones se afilia el autor de esta tesis, por considerar al suelo no sólo como un producto geológico donde interactúan factores físicos, químicos y climáticos, sino como agente donde interactúan además los seres vivos, los que además son capaces de modificar sus propiedades, ya sea positiva o negativamente.

Es efectivamente el suelo, gracias a la acción del ser humano; uno de los agentes más vulnerables desde el punto de vista ambiental, siendo una realidad palpable hoy en todo el mundo su deterioro y degradación. Asociados a la degradación de los suelos aparecen un conjunto de problemas ambientales que afectan a los suelos en el mundo y en Cuba.

De acuerdo a la Estrategia Ambiental Nacional: 2005 - 2010 los principales problemas ambientales de Cuba son:

- 1- Degradación de los suelos.
- 2- Afectaciones a la cobertura forestal.
- 3- Contaminación.
- 4- Pérdida de la diversidad biológica.
- 5- Carencia de agua.

De una manera u otra; todos estos problemas están estrechamente relacionados con el suelo como recurso, sin embargo; por constituir causas fundamentales de la degradación de los suelos y de otros problemas ya mencionados con anterioridad; se profundiza a continuación en los fenómenos de la contaminación, la salinización y la erosión de los suelos.

1.2 La contaminación de los suelos

La contaminación del suelo se define según la enciclopedia electrónica Encarta, 2007 como “la acumulación en éste de compuestos tóxicos persistentes, productos químicos, sales, materiales radiactivos o agentes patógenos, que tienen efectos adversos en el desarrollo de las plantas y la salud de los animales.” (Encarta, 2007).

Un suelo se puede degradar al acumularse en él sustancias a unos niveles tales que repercuten negativamente en el comportamiento de los suelos. Las

sustancias, a esos niveles de concentración, se vuelven tóxicas para los organismos del suelo. Se trata pues de una degradación [química](#) que provoca la pérdida parcial o total de la [productividad](#) del suelo (Inga Salvador A. 2007).

Sin lugar a dudas la acumulación de sustancias nocivas al suelo tiene una repercusión en las propiedades del mismo por lo que el autor se asocia a la definición abordada por el colectivo de autores del curso de Universidad para Todos: "Protección Ambiental y producción más limpia, parte 1, 2006 que plantean: "Se refiere al deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas que experimentan los suelos como resultado de la incorporación en su seno de diversas sustancias contaminantes".

La manifestación de este fenómeno está estrechamente relacionado con el grado de industrialización e intensidad del uso de químicos. En lo concerniente a la contaminación de suelos su riesgo es primariamente de salud, de forma directa y al entrar en contacto con fuentes de agua potable. La delimitación de las zonas contaminadas y la resultante limpieza de esta son tareas que consumen mucho tiempo y dinero, requiriendo extensas habilidades de geología, hidrografía, química y modelos digitalizados.

Principales agentes contaminantes.

Cuando en el suelo depositamos de forma voluntaria o accidental diversos productos como papel, vidrio, plástico, material orgánico, material fecal, solventes, plaguicidas, residuos peligrosos o sustancias radioactivas, etc. afectamos de manera directa las características físicas, químicas de este, desencadenando con ello innumerables efectos sobre los seres vivos.

Los principales agentes contaminantes a escala general lo constituyen los plaguicidas, la actividad minera, la basura, la actividad agrícola y la actividad pecuaria.

1- Plaguicidas

Los plaguicidas que hoy dominan el mercado son compuestos orgánicos de síntesis artificial, aplicados a los cultivos para impedir la proliferación de parásitos en las plantas. Si bien subsisten plaguicidas de base mineral, su uso está prácticamente discontinuado y no parecen representar un riesgo ambiental masivo. El mayor riesgo ambiental se asocia a los plaguicidas órganoclorados (OC), pues los factores de deterioro, especificidad de acción, fuerte toxicidad para mamíferos superiores y prolongada persistencia ambiental, manifiestan

una máxima expresión, favoreciendo su acumulación y un máximo potencial de biomagnificación. En general, el riesgo sigue la secuencia organoclorados > organofosforados> carbamatos> piretroides sintéticos. (www.fortunecity.com, 2000)

2- Actividad minera

La presencia de contaminantes en un suelo supone la existencia de potenciales efectos nocivos para el hombre, la fauna en general y la vegetación. Estos efectos tóxicos dependerán de las características toxicológicas de cada contaminante y de la concentración del mismo. La enorme variedad de sustancias contaminantes existentes implica un amplio espectro de afecciones toxicológicas cuya descripción no es objeto de este trabajo. De forma general, la presencia de contaminantes en el suelo se refleja de forma directa sobre la vegetación induciendo su degradación, la reducción del número de especies presentes en el suelo, y más frecuentemente la acumulación de contaminantes en las plantas, sin generar daños notables en éstas. En el hombre, los efectos se restringen a la ingestión y contacto dérmico, que en algunos casos ha desembocado en intoxicaciones por metales pesados y más fácilmente por compuestos orgánicos volátiles o semivolátiles. Indirectamente, a través de la cadena trófica, la incidencia de un suelo contaminado puede ser más relevante. Absorbidos y acumulados por la vegetación, los contaminantes del suelo pasan a la fauna en dosis muy superiores a las que podrían hacerlo por ingestión de tierra. Cuando estas sustancias son bioacumulables, el riesgo se amplifica al incrementarse las concentraciones de contaminantes a medida que ascendemos en la cadena trófica, en cuya cima se encuentra el hombre. Las precipitaciones ácidas sobre determinados suelos originan, gracias a la capacidad intercambiadora del medio edáfico, la liberación del ion aluminio, desplazándose hasta ser absorbido en exceso por las raíces de las plantas, afectando su normal desarrollo. En otros casos, se produce una disminución de la presencia de las sustancias químicas para la asimilación por las plantas. Así pues, al modificarse el pH del suelo, pasando de básico a ácido, el ión manganeso que está disuelto en el medio acuoso del suelo se oxida, volviéndose insoluble e inmovilizándose. (es.wikipedia.org, 2008)

A este hecho hay que añadir que cuando el pH es bajo, las partículas coloidales como los óxidos de hierro, titanio y zinc que puedan estar presentes

en el medio hídrico, favorecen la oxidación del ión manganeso. Esta oxidación se favorece aún más en suelos acidificados bajo la incidencia de la luz solar en las capas superficiales de los mismos, produciéndose una actividad fotoquímica de las partículas coloidales anteriormente citadas, ya que tienen propiedades semiconductoras. Otro proceso es el de la biometilización, que es un proceso por el cual reaccionan los iones metálicos y determinadas sustancias orgánicas naturales, cambiando radicalmente las propiedades físico-químicas del metal. Es el principal mecanismo de movilización natural de los cationes de metales pesados. Los metales que ofrecen más afinidad para este proceso son: mercurio, plomo, arsénico y cromo. Los compuestos argometálicos así formados suelen ser muy liposolubles y salvo casos muy puntuales, las consecuencias de la biometilización natural son irrelevantes, cuando los metales son añadidos externamente en forma de vertidos incontrolados, convirtiéndose realmente en un problema. Aparte de los anteriores efectos comentados de forma general, hay otros efectos inducidos por un suelo contaminado tales como:

- ✓ Degradación paisajística: la presencia de vertidos y acumulación de residuos en lugares no acondicionados, genera una pérdida de calidad del paisaje, a la que se añadiría en los casos más graves el deterioro de la vegetación, el abandono de la actividad agropecuaria y la desaparición de la fauna.
- ✓ Pérdida de valor del suelo: económicamente, y sin considerar los costos de la recuperación de un suelo, la presencia de contaminantes en un área supone la desvalorización de la misma, derivada de las restricciones de usos que se impongan a este suelo, y por tanto, una pérdida económica para sus propietarios. (es.wikipedia.org, 2008)

Las sustancias descargadas por la minería entran en un proceso de reciclaje ambiental, dominado por la dinámica del ambiente receptor, y en algún momento llegan obligatoriamente a los suelos, donde son acumulados. Si la descarga persiste el tiempo suficiente, se podrían exceder los umbrales de seguridad ambiental.

Los elementos metálicos emitidos son llamados metales pesados, que son todos aquellos con densidad igual o mayor a 5 g/cc. El concepto abarca 60 elementos, de casi todos los grupos del sistema periódico, muy diversos y

algunos de síntesis artificial; sin embargo, excluye elementos no metálicos y/o de densidad menor, como el selenio, molibdeno y arsénico, que son contaminantes; térmicos tales como elementos traza o microelementos, que a pesar de no tener especificidad química, por lo menos restringen el grupo a elementos de síntesis natural en la litosfera en baja concentración.

Independiente del término empleado, lo importante es que las descargas mineras aportan al ambiente una carga adicional de elementos persistentes y con alto potencial tóxico, muchos de ellos biomagnificables y con largos tiempos de residencia en los suelos. Para un ambiente dado, el impacto de esta contaminación, medido por la magnitud e irreversibilidad de los daños, extensión de superficie afectada e instantaneidad de emergencia, es función del elemento y del estilo de descarga. Según artículo publicado en es.wikipedia.org, 2008 la respuesta de una especie vegetal en un suelo, a la disponibilidad creciente de un elemento esencial, puede describirse por las siguientes cinco zonas:

A: Ausencia de la especie, por disponibilidad del metal bajo el límite crítico de subsistencia (L_{csb});

B: Desarrollo poblacional deficiente (individuos mal desarrollados, densidad poblacional baja o distribución irregular), entre los límites críticos de subsistencia (L_{csb}) y suficiencia (L_{csf});

C: Tolerancia y desarrollo óptimo de la población, entre el límite de suficiencia (L_{csf}) y el máximo de tolerancia (LMT);

D: Desarrollo poblacional deficiente (similar a B), entre el límite máximo de tolerancia (LMT) y el límite de letalidad (LLE), y

E: Ausencia de la especie (similar a A) sobre el límite de letalidad (LLE).

El grupo de límites críticos será específico para cada trío elemento-especie-suelo, reflejando la cuantía en que el elemento es requerido, su potencial tóxico, la sensibilidad de la especie afectada y la capacidad tampón a ese elemento, que posee el suelo donde se produce el contacto elemento - planta.

La evaluación de un proceso de aportes de metales es muy compleja, ya que las respuestas vegetales no siempre son coherentes. Algunas especies son tolerantes selectivas, es decir, tolerantes a unos elementos y sensibles a otros. Otras presentan exclusividad en sus respuestas, siendo siempre tolerantes, semitolerantes o sensibles. La respuesta de una especie no debe verse a nivel

de individuo sino poblacional, ya que puede existir una amplia variación en la sensibilidad individual al contaminante. Como ejemplo del potencial tóxico expresado por un elemento frente a una especie, una experiencia nacional de cultivo de alfalfa en diferentes suelos del país dio un LMT de cobre variable desde 1.600 mg/kg. a 100 mg/kg. En general, la toxicidad del cobre fue reducida por la concurrencia de al menos una de las siguientes condiciones: una abundante fracción arcilla dominada por minerales, una abundante fracción orgánica y una abundante dotación de calcio. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en otros países.

En términos generales, la biomagnificación tiene una relación inversa con la esencialidad del elemento. Los elementos no esenciales tienden a ser absorbidos por vía pasiva en función a su disponibilidad en el suelo, mientras los no esenciales son absorbidos activamente (www.fortunecity.com, 2000)

Probablemente, la [contaminación](#) aparece por: recibir cantidades de desechos que contienen sustancias químicas tóxicas (en cualquier estado físico: [sólidos](#), [líquidos](#), [gaseosos](#)) incompatibles con el equilibrio ecológico; materias radiactivas, no biodegradables; materias orgánicas en descomposición, microorganismos peligrosos.

3- Basura

La destrucción y el deterioro del suelo son muy frecuentes en las ciudades y sus alrededores, pero se presentan en cualquier parte donde se arroje basura o sustancias contaminantes al suelo mismo, al agua o al aire.

Cuando amontonamos la [basura](#) al aire libre, ésta permanece en un mismo lugar durante mucho tiempo, parte de la basura orgánica (residuos de alimentos como cáscaras de fruta, pedazos de tortilla, etc.) se fermenta, además de dar origen a mal olor y [gases](#) tóxicos, al filtrarse a través del suelo en especial cuando éste es permeable, (deja pasar los líquidos) contamina con hongos, bacterias, y otros microorganismos patógenos (productores de [enfermedades](#)), no sólo ese suelo, sino también las aguas superficiales y las subterráneas que están en contacto con él, interrumpiendo los ciclos biogeoquímicos y contaminando las cadenas alimenticias.

Las causas más comunes de contaminación del suelo son:

- Tecnología agrícola nociva (uso de aguas negras o de aguas de ríos contaminados; uso indiscriminado de pesticidas, plaguicidas y fertilizantes peligrosos en la agricultura).
- Carencia o uso inadecuado de sistemas de eliminación de basura urbana.
- Industria con sistemas antirreglamentarios de eliminación de los desechos.

Esta contaminación del suelo va a ser uno de los causantes de la degradación y deforestación; junto con la tala indiscriminada, efecto invernadero y el calentamiento global; además ocasiona indirectamente serios daños sobre el hombre, ya que primeramente afecta a las plantas, las cuales a su vez contaminan a los animales que se alimentan de ellas y el hombre a su vez es perjudicado por estos animales contaminados, pero también por las plantas, ya que nuestras principales fuentes nutricionales provienen de la tierra (Flórez Prieto A. 2008)

4- Actividad Agrícola

Cuando tiene lugar la aplicación inadecuada, excesiva y prolongada de agroquímicos, los cuales pueden provocar efectos adversos en las poblaciones de microorganismos que determinan el equilibrio biológico de las áreas objeto de aplicación. La ejecución de prácticas inadecuadas de riego que incluyen el insuficiente control de la calidad de las aguas para esta actividad, pueden conducir a un incremento significativo del contenido de sales, con la consiguiente pérdida de su capacidad productiva (Serrano Méndez J. H y col, 2006).

5- Actividad Pecuaria

La actividad pecuaria contribuye a la contaminación de los suelos cuando el ganado, concentrado en gran número en áreas determinadas y campos de forraje, deposita excretas que contienen gérmenes patógenos. Estos pueden afectar directamente al hombre al entrar en contacto con ellos, incorporarse a la cadena trófica y también llegar a las aguas por la vía de los escurrimientos (Serrano Méndez J. H y col, 2006).

1.3 Salinidad del suelo

En función de las sales presentes en un suelo Ibáñez J. J, 2008 realiza una [primera clasificación](#), que consiste en categorizar este tipo de suelos en:

- Salinos
- Salino-Sódicos
- Sódicos no salinos

Suelo salino: También conocido como “álcali blanco”. Son aquellos cuya conductividad eléctrica en el extracto saturado es mayor de 4 mhos/cm a 25 °C, con un porcentaje de [sodio de cambio](#) inferior al 15% y un pH menor de 8,5.

La concentración de sales puede llegar en estos suelos incluso al 1% de su peso. Su formación se debe generalmente a falta de drenaje y elevado porcentaje de evaporación, lo cual origina la mencionada acumulación de sales. Principalmente contienen cloruros, sulfatos, carbonatos y bicarbonatos de sodio y calcio, magnesio y potasio, y también pueden proceder de las sales contenidas en aguas que han atravesado capas geológicas ricas en ellas.

Para su mejoramiento es indispensable dotar al suelo de un buen drenaje y lavarlo, así como aportar azufre, que independientemente de rebajar el pH favorecerá la formación de sulfato sódico, sal soluble y por tanto lavable. También en estos suelos resulta interesante incorporar materia orgánica, pues ella, integrada en el suelo, mejorará la estructura, aumentará la [capacidad de cambio catiónico](#) e incidirá en la oxidación (microbiológica) del azufre, transformándolo en sulfato, cuestión ésta de máxima importancia.

Suelo salino-sódico: Tienen una conductividad del extracto saturado superior a 4 mhos/cm. a 25 °C, con un porcentaje de sodio de cambio superior al 15%. Estos suelos suelen originarse por un proceso de salinización y acumulación de sodio y en ellos, si el contenido en sales es elevado, el pH raramente es superior a 8,5.

Los suelos salino sódicos son similares a los salinos y presentan problemas similares hasta que se elimina el exceso de sales, y de sodio de cambio en la zona donde se desarrollan las raíces del cultivo; para esto, el lavado hay que efectuarlo con mucha precaución, ya que si las sales solubles son lixiviadas pueden originar un cambio de las propiedades del suelo convirtiéndolo en

alcalino. Cuando este suelo contiene yeso, al lavarlo, el calcio sustituye al sodio de cambio creando la zona antes mencionada apta para el cultivo.

Suelo sódico no salino: En estos suelos la conductividad del extracto saturado es menor de 4 mhos/cm. a 25 °C, el sodio de cambio supera el 15% y el pH es superior a 8,5, debido a una presencia predominante en ellos de carbonato sódico (que puede originar pH de hasta 10).

Entre sus sales se provoca una dispersión de la materia orgánica, dando lugar a una apariencia oscura, por lo que se denomina también a este tipo de suelos "álcali negro". Cuando se une a estos rasgos una ausencia de caliza y debido a la presencia de Hidrogeniones de cambio en la zona superficial (donde también el pH es alto), se denominan "suelos álcali degradados".

Este tipo de suelos padece una destrucción de su estructura, y por tanto al disminuir su porosidad, utilizar el lavado para su corrección no es muy aconsejable, debido a la mencionada deficiencia de su drenaje. La recuperación, por tanto, tiene que ser abordada mediante la eliminación de sodio de cambio (rebajar el pH) aplicando yeso, entre otros productos, que reaccionarían con el carbonato sódico, formando carbonato cálcico y sulfato sódico (álcali blanco).

Es necesario implantar cultivos, de ser posible con regadío y resistentes a las sales, así como la incorporación de enmiendas orgánicas.

Ibáñez, J. J, 2008 expone una clasificación basada en 5 clases, a partir de la conductividad eléctrica del extracto acuoso que se describen a continuación:

A - Suelos no salinos los que tengan menos de 2 mhos/cm de conductividad y ningún efecto sobre el crecimiento de las plantas. Grado de salinidad bajo.

B - Suelos no salinos que tienen entre 2 y 4 mhos/cm de conductividad y leve efecto sobre el crecimiento de las plantas. Grado de salinidad leve.

C - Suelos salinos cuando tienen entre 4 y 8 mhos/cm de conductividad, con disminución en el rendimiento de cultivos. Grado de salinidad alto.

D - Suelos salinos que tienen entre 8 y 16 mhos/cm de conductividad, en este caso son pocos los cultivos que soportan estas condiciones. Grado de salinidad muy alto.

E - Suelos que tienen más de 16 mhos/cm de salinidad, las restricciones para cultivos es más grande que el anterior. Grado de salinidad extremadamente alto.

1.4 Erosión del suelo

Se define el fenómeno de la [erosión](#) como un proceso de desgaste, transporte y deposición de las partículas de la masa de suelo. La [sedimentación](#), proceso de deposición del material erosionado y transportado, ocurre a veces lejos del lugar de origen, pudiendo provocar tanto o más daño que la [erosión](#) misma. (Ponce de León, D. y C. Balmaceda, 1999)

Como ya se ha descrito anteriormente, [el suelo](#) es la parte superficial de la corteza terrestre conformada por minerales y partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y procesos de desintegración orgánica. La erosión (pérdida) del suelo la provocan principalmente factores como las corrientes de agua y de aire, en particular en terrenos secos y sin vegetación, además el hielo y otros factores. La erosión del suelo reduce su fertilidad porque provoca la pérdida de minerales y materia orgánica. La erosión del suelo es un problema nacional e internacional al que se le ha dado poca importancia (Bravo M. y col. www.monografias.com, 2007)

El proceso de la erosión hídrica.

El agua es un erosivo muy enérgico. Cuando el suelo ha quedado desprotegido de la vegetación y sometido a las lluvias, los torrentes arrastran las partículas del suelo hacia arroyos y ríos. El suelo, desprovisto de la capa superficial, pierde la materia orgánica (humus) y entra en un proceso de deterioro que puede originar hasta un desierto (Bravo M. y col. www.monografias.com, 2007)

El impacto de las [gotas](#) de [lluvia](#) y el escurrimiento representan los agentes externos que trabajan para vencer la cohesión de las partículas de la masa de [suelo](#) y provocar su transporte.

Una vez que la capacidad de infiltración y de almacenamiento superficial está satisfecha, comienza el escurrimiento, arrastrando las partículas sueltas y las que su fuerza misma desagrega.

Cuando el [suelo](#) está expuesto, la desagregación por la [lluvia](#) es una acción generalizada. Pero la desagregación por el escurrimiento es una acción dirigida

que actúa sobre una pequeña parte de terreno en el cual éste se concentra con velocidades erosivas.

Si bien existe una combinación entre el transporte por salpicadura y por escurrimiento, ambos tienen características propias. Por salpicadura el [suelo](#) se mueve hacia los surcos y cárcavas y así es transportado por el escurrimiento conjuntamente con el material que éste desagrega. La capacidad de transporte está directamente vinculada a la velocidad y turbulencia del flujo.

La deposición ocurre cuando la [velocidad](#) del escurrimiento disminuye, realizándose en forma selectiva, primero se depositan los agregados y la [arena](#) y luego, a mayor distancia, el [limo](#) y la [arcilla](#). Tipos de erosión hídrica según Ponce de León D. y C. Balmaceda, 1999:

- [Erosión laminar](#): Es la más extendida y la menos perceptible. El daño causado, a igualdad de pérdida del suelo es mayor, ya que selecciona las partículas del suelo (deja atrás las más gruesas, llevándose el limo, la arcilla y la materia orgánica).
- [Erosión por arroyamiento](#): Tiene lugar cuando el agua concentra el poder erosivo a lo largo de un canal, en función de su energía cinética. Presenta tres tipos:
 - [Regueros](#) o canales de menor tamaño. Pueden cruzarse y suavizarse con operaciones normales de laboreo. El efecto es parecido al de la erosión laminar.
 - [Cárcavas](#) y barrancos que se forman donde se concentra el agua que fluye descendiendo por una pendiente.
 - [Erosión de depósitos fluviales](#), que tiene lugar cuando el canal principal de una corriente establecida incide contra sus propios sedimentos.
 - [Coladas de lodo](#): Desplazamientos de tierra en forma de fluido viscoso por efecto de la gran cantidad de agua embebida en el suelo.
 - [Deslizamientos](#). Pueden ser de dos tipos:
 - [Superficiales](#): una capa superficial de terreno resbala por efecto de la gravedad y de la cantidad de agua embebida
 - [De fondo](#): una capa permeable resbala sobre otra más profunda impermeable, debido a la formación de un plano lubricado

- [Reptación](#): Movimiento lento e imperceptible de una película superficial de suelo en el sentido de la pendiente, debido a diferentes causas.
- [Erosión en túnel](#): Se manifiesta por hundimientos y deslizamientos, debidos a flujos subterráneos, o a la existencia de rocas solubles que dan lugar a cavernas

La erosión eólica.

El viento es otro de los agentes de la erosión. El suelo desprovisto de la cortina protectora que forman los árboles, es víctima de la acción del viento que pule, talla y arrastra las partículas de suelo y de roca. (Bravo M. y col. www.Monografías.com, 2007)

Los paisajes generados en zonas áridas y desérticas son muestras evidentes de la acción de este factor. La pérdida de la cobertura vegetal del suelo constituye un verdadero detonante para este proceso, de ahí la relación existente entre los diferentes problemas ambientales y la necesidad de verlos en su totalidad.

A modo de conclusión puede considerarse que de manera general todos los problemas ambientales reconocidos por las principales organizaciones de carácter nacional e internacional, están relacionados directamente sobre el suelo o tienen un impacto negativo sobre este. La degradación de los suelos es sin duda una consecuencia del resto de los problemas ambientales, ya que tanto las afectaciones a la cobertura forestal, la contaminación, la pérdida de la diversidad biológica y la carencia de agua constituyen las causas fundamentales de la erosión, salinidad y la pérdida de las propiedades físicas y biológicas, que son las principales manifestaciones de su degradación.

1.5 Factores limitantes del suelo

Aunque los factores limitantes del suelo no son tratados por los diferentes autores como problemas ambientales en toda su expresión; ellos constituyen obstáculos para el cultivo del suelo y tienen una influencia marcada en el deterioro del suelo, dada su estrecha relación con los problemas ambientales. Los más comunes en los suelos cubanos son la compactación, la hidromorfía,

el exceso de carbonatos, la profundidad efectiva, la formación de gley y la pedregosidad.

Compactación:

La compactación de un suelo está relacionada con la disminución de su porosidad y se puede diagnosticar por medio de la determinación del peso volumétrico del suelo o mediante equipos que miden la resistencia a la penetración.

Compactación Mecánica:

La susceptibilidad a compactarse varía en los diferentes suelos de la misma manera que la magnitud de la consistencia, así los suelos arenosos son menos afectados por la compactación mecánica. En esencia como la compactación mecánica es un proceso en los que los agregados del suelo sufren un empaquetamiento por efecto de una presión externa, esto significa una disminución del espacio poroso y por ende la disminución del oxígeno disponible y el agua aprovechable por las plantas. La compactación inducida por el hombre es uno de los procesos degradativos de los suelos más comunes en la agricultura moderna y está relacionado con la mecanización de las labores agrícolas (Bowen et al, 1985). Ya desde el siglo pasado Álvaro Reinoso advertía que la disminución de los rendimientos en las socas se debía al paso de las carretas y el pisoteo de los animales (Reinoso, 1862). En la actualidad la cosecha mecanizada y el paso de equipos de transporte por el mismo surco reportan los efectos más perjudiciales.

El daño que provoca el tráfico está estrechamente relacionado con las condiciones de humedad del suelo (Finney, 1971). La degradación de la estructura tiende a acelerarse con el laboreo y aumenta la profundidad de la compactación.

Datos aportados por Fonseca et al, 1988 indican que el paso de una combinada KTP-1 con una carreta acoplada tiene incrementos significativos sobre la compactación en un suelo Ferralítico Rojo a diferentes profundidades, con una humedad promedio de 30%.

Las principales consecuencias de la compactación sobre los cultivos es el deterioro general de las plantaciones y la limitación de la funcionalidad y la capacidad de absorción de nutrimentos por las raíces, debido fundamentalmente a:

- Disminución de la porosidad y por ende de la disponibilidad del oxígeno y la capacidad de retención de humedad,
- Decrecimiento de la velocidad de la infiltración favoreciéndose el proceso de reducción y anaerobiosis,
- Formación de capas u horizontes que dificultan la penetración y proliferación de las raíces.

Hidromorfía:

Hidromorfía como su nombre lo indica, quiere decir formación bajo la influencia del agua y está relacionada con condiciones de drenaje deficiente principalmente en países llanos o formas de relieve cóncavo, es un indicador del drenaje del suelo. La Hidromorfía es un proceso que provoca efectos en todos los componentes del sistema suelo – planta - atmósfera, afectando desde el hábitat de los organismos vivos hasta la transformación de los minerales y compuestos químicos.

Los procesos de reducción comienzan cuando el oxígeno disminuye drásticamente debido al desplazamiento por el agua del aire contenido en los poros del suelo. En estas condiciones el oxígeno remanente es disputado por las raíces y la microflora edáfica, acelerando su depresión lo que hace caer bruscamente el potencial RedOx. Cuando este proceso ocurre en suelos con suficiente contenido de material orgánico el efecto de caída del potencial RedOx continúa, por la reducción de los nitratos, el manganeso, el hierro y finalmente del azufre. El proceso descrito depende, claro está, del contenido de oxígeno del agua.

En los suelos de baja permeabilidad que ocupan superficies llanas o depresiones del relieve, el agua se acumula en la superficie o en la parte media del perfil cuando existe algún horizonte denso que limita su infiltración. Otra vía por la que el agua alcanza a saturar el perfil del suelo es por elevación del manto freático.

Aunque la caña de azúcar se considera un cultivo tolerante al anegamiento (Pizarro, 1985), la hidromorfía provoca mermas considerables en la producción, directamente proporcionales al tiempo de duración, el tipo de suelo y el período de desarrollo del cultivo. Las principales afectaciones son:

- En la actividad fotosintética.

- En la producción de sacarosa.
- Plantaciones con tallos más delgados y entrenudos más cortos.
- Disminución de la masa de raíces.

Por otra parte, existen diferencias en las respuestas de diferentes variedades de caña de azúcar y en las fases del proceso vegetativo ante el exceso de humedad por un tiempo prolongado, así se ha encontrado que la brotación es más sensible que el ahijamiento (Cadavid et al., 1989).

El principal efecto sobre las plantas es la disminución del oxígeno necesario para el funcionamiento de las raíces. Al existir poco oxígeno y mucho CO₂ disminuye la capacidad del sistema para la absorción de agua y nutrientes, afectándose el contenido de N y K foliar. Los contenidos de CO₂, mayores de 5% en volumen de aire pueden resultar altamente tóxicos (Fogliata, 1995).

Otra causa de daño en el sistema radical y en la planta en general es la solubilidad de elementos tóxicos como el hierro, el aluminio el manganeso debido a la caída del pH en suelos no carbonatados.

Exceso de carbonatos.

El exceso de carbonatos puede encontrarse más frecuentemente en las partes altas de pendientes erosionadas de suelos Húmicos Carbonáticos y Pardos con Carbonatos, desarrollados sobre margas o calizas margosas (suaves), en las que el CaCO₃ aparece finamente dividido, aumentando su solubilidad.

Límite crítico y recomendaciones del manejo:

Los estudios más completos de límites críticos de salinidad para la caña de azúcar son los aportados por Cabrera, 1992 en los cuales no sólo se refieren las pérdidas de rendimientos sino que se indican las medidas de mejoramiento. Con relación al sodio, Sys, 1993 estima que un porcentaje de sodio intercambiable (PSI) superior a 20% es incompatible con el crecimiento y desarrollo de las plantaciones de caña de azúcar. Este autor considera las siguientes pérdidas de rendimiento para incrementos de PSI iguales a 5% como aparecen en la tabla No. 1.

Tabla No 1:

Rendimiento (%)	100 - 95	85	60	40	25-0
PSI (%)	0-5	5-10	10-15	15-20	>20

Niveles críticos, pérdidas de rendimiento y recomendaciones de manejo para diferentes niveles de salinidad, que son reflejados en la tabla No. 2.

Tabla No 2

SST (%)	Pérdida de Rendimiento (%)	Recomendaciones de Manejo
0.15	0	Mantener un buen régimen hidrosalino, riego con aguas de buena calidad.
0.15 – 0.30	25	Preparación de tierras profundas, construcción de drenaje, parcelario profundo, dosis de sobre riego superficial de 15 – 20%.
0.30 – 0.50	50	Preparación profunda del suelo, construcción de drenaje parcelario profundo, dosis de sobre riego superficial de 15 – 20%.
0.50 – 0.80	75	Preparación profunda con enmiendas orgánicas, dosis de sobre riego superficial de 25 – 50%, drenaje parcelario profundo.
0.80	100	Sólo es posible plantar la caña con una recuperación capital de los suelos. Drenaje profundo parcelario, lavado capital de las tierras y fuertes enmiendas orgánicas y químicas.

En la determinación de la profundidad efectiva de un suelo debe tenerse en cuenta el exceso de carbonatos por sus efectos indeseables pero no limita la profundidad de penetración de las raíces.

En relación con la fertilización debe considerarse este factor en la elección de los portadores. No es recomendable el exceso de carbonatos.

No sólo el carbonato puede provenir de la roca madre, es posible encontrar en nuestros suelos acumulación de carbonatos secundarios en el perfil. Estos carbonatos son los de mayor actividad de excepción de los “ojos de buey” (nódulos cristalizados de poca solubilidad) y se presentan en forma de concreciones, pseudo micelios y manchas. Su formación presupone una disolución previa de una fuente carbonatada y su posterior deposición en un régimen evaporítico, otra fuente es el CO₂ gaseoso.

Pedregosidad

La Pedregosidad se refiere a la acumulación de gravas, piedras y fragmentos de rocas en la superficie de los suelos o en el horizonte arable. Tiene diverso origen: muchos procesos geomorfológicos y erosivos implican el acarreo y redeposición de materiales con una mayor o menor selección. Algunas zonas pedregosas se asocian a suelos de origen aluvial formado en abanicos fluviales, cauces y meandros abandonados.

En suelos Ferralíticos es común ver grandes fragmentos de la roca caliza originaria embebida en las masas del suelo. A estos fragmentos se les denominan “regolitos” y son producto de la disolución diferencial de la caliza.

En otros suelos la pedregosidad se debe a la fragmentación del material ordinario producto de la meteorización, tal es el caso de muchos suelos pardos y Fersialíticos.

Efecto sobre el cultivo:

La Pedregosidad y la gravillosidad limitan el volumen del suelo y/o exploran las raíces y a su vez constituyen un impedimento físico a su penetración, sobre todo cuando aparecen mantos pedregosos (stonelines) a escasa profundidad. Otro problema que ocasiona es la obstrucción de las labores mecánicas, causa por la cual los equipos sufren roturas y desgastes de forma frecuente.

No existen estudios precisos del efecto de la pedregosidad sobre los rendimientos. Estos estudios, por otra parte, siempre tendrían un valor local en dependencia de la tecnología en uso y la interrelación con otros factores.

Relación con otros factores y la fertilización.

Si los mantos rocosos constituyen un impedimento al paso de las raíces, son analizados como un problema de profundidad efectiva.

En suelos erosionados es frecuente ver el afloramiento de estos lechos o sencillamente un mayor contenido de piedras de diferentes calibres en las partes altas de las pendientes.

En suelos desarrollados sobre materiales carbonatados, puede relacionarse con un exceso de carbonatos.

Con respecto a la fertilización como en otras labores mecanizadas los implementos sufren roturas además de que la aplicación a una profundidad estable se dificulta.

Profundidad efectiva:

La profundidad efectiva (PE) es el factor que determina la profundidad a la que las raíces pueden penetrar de acuerdo con sus características botánicas sin encontrar barreras físicas o químicas.

La (PE) es una de las características de la tierra que más influye en el desarrollo radical de los cultivos.

En cuanto a la naturaleza y magnitud del sistema radical de las diferentes variedades y su relación con el rendimiento agrícola, Van Dillewijn, 1972 plantea que prácticamente ésta no existe, su importancia radica en la adaptabilidad de las variedades a condiciones particulares de crecimiento (suelo húmedo, seco, etc.). Señala además que las diferencias varietales en el desarrollo de la raíz no son constantes durante todo el período de crecimiento.

En los experimentos de campos de Roldós et al. 1985 en suelos con PE menor que 40 cm (producto de la presencia de horizontes de rocas calizas) y bien abastecidos de fósforo y potasio, a los que además se le aplicaron diferentes dosis de estos nutrimentos se obtuvieron resultados bajos (28.27 a 38.66 t de caña/ha y demostraron que hubo una respuesta significativa a la fertilización, cuestión ésta que ellos explican por el poco espesor del suelo que impidió a las raíces explorar profundidades mayores de 40 cm, sin embargo es conocido que las raíces de la caña de azúcar se expanden lateralmente (Reinoso, 1862).

Formación de Gley

Los términos gley y formación de gley han sido introducidos en la terminología científica soviética. Se considera que en el proceso de formación de gley, el papel principal lo desempeñaban las desoxidaciones de óxido de hierro; sus transformaciones en compuestos de protóxidos con la lixiviación ulterior.

Una de las propiedades más características de la formación de gley es la reducción del hierro. Los compuestos de óxido de hierro (III) al reducirse, se transforman en los compuestos de óxido de hierro (II), este óxido de hierro (II) entra en la reacción con la sílice y la alúmina y forma con estos los silicatos secundarios de hierro y aluminio. Tales minerales que tienen óxido de hierro (II) son de color grisáceo, azulado y verde grisáceo. Los horizontes del suelo en que se acumulan estos minerales se llaman horizontes de gley. Si la humedad excesiva no es prolongada, el horizonte continuo del gley puede no formarse, y en su lugar, en el perfil del suelo, aparecen algunas manchas grisáceas o verde – azulosas. Tales horizontes se llaman poco gleysados.

El color específico de los horizontes de gley está relacionado también con la pérdida de películas de óxido de hierro (III) en la superficie de los minerales del suelo, cuyo color propio es característico del gley.

La implicación de los diferentes problemas ambientales relacionados con el suelo en el municipio de Encrucijada y que han sido tratados en este capítulo, serán abordados a modo de caracterización en el Capítulo II.

Conclusiones parciales del capítulo:

- 1- La revisión bibliográfica realizada permite afirmar que existen problemas ambientales y factores limitantes que afectan a los suelos y pueden contribuir a su deterioro.
- 2- Los autores consultados consideran la acción nociva del hombre como elementos que aceleran el proceso de deterioro del suelo.

Capítulo II. Caracterización general y diagnóstico de la situación que presenta el recurso suelo en el municipio Encrucijada.

2.1 Caracterización general del recurso suelo del municipio Encrucijada

A partir de la revisión de los documentos donde se archivan los datos históricos de las diferentes empresas y entidades vinculadas al uso del recurso suelo en el municipio de Encrucijada y de la observación sistemática realizada por el autor en el proceso investigativo se procedió a su caracterización.

Encrucijada fue fundada en el siglo XIX entre 1850 y 1860 por familias procedentes de Remedios, Sagua la Grande, Playa de San Juan y Estero de Granadillo, que se asentaron primeramente en un lugar llamado Cuatro Caminos, donde existía una encrucijada de caminos reales, hecho al que debe su actual nombre, pero no fue hasta la nueva división político administrativa realizada por la revolución que pasó a ser término municipal, incluyendo los asentamientos poblacionales de Calabazar de Sagua, Piñón, El Purio, Abel Santamaría, El Santo, La Sierra, Emilio Córdova y otros de menor densidad poblacional.

El municipio se encuentra en la región de la llanura y cordillera del norte y centro, semejando un triángulo equilátero con su base orientada hacia el noroeste. Ocupa una superficie de 587,1 km. cuadrados, con una población aproximada de 33 399 habitantes. Su densidad poblacional es de 56,39 habitantes por km. cuadrado, con un grado de urbanización de 77,89%.

Clasificación de los suelos

Según la segunda clasificación genética de los suelos de Cuba, elaborada por el Instituto de Suelos de Cuba de la Academia de Ciencias de Cuba de 1978 y 1980; los principales agrupamientos y tipos de suelos que ocurren en el municipio son los siguientes:

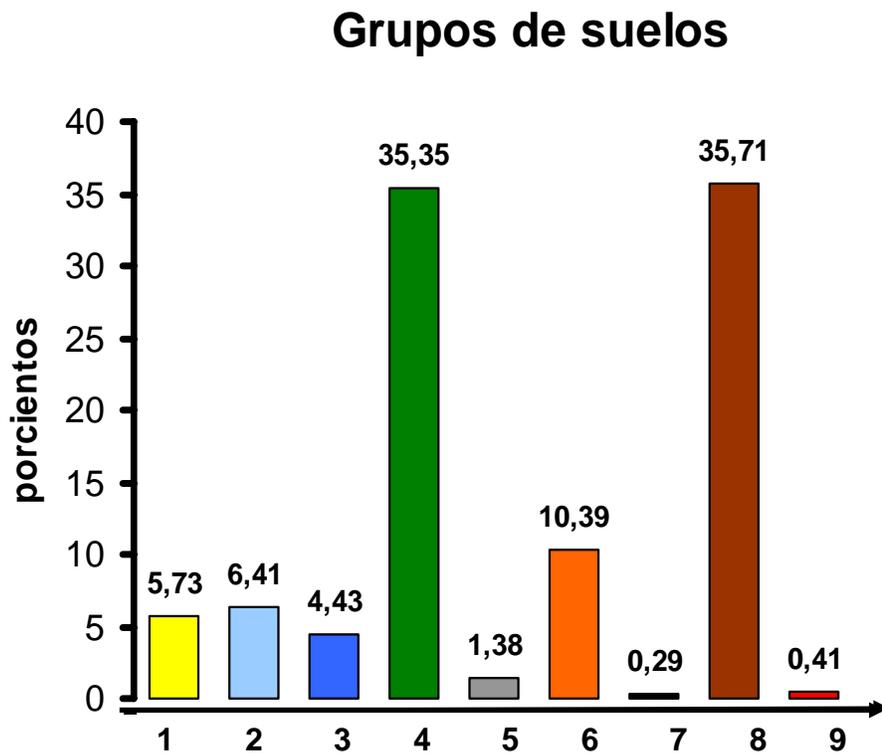
GRUPOS DE SUELOS:

- 1- Suelos Aluviales.
- 2- Suelos Ferralíticos.
- 3- Suelos Fersialíticos.

- 4- Suelos Hidromórficos.
- 5- Suelos Húmicos Calcimórficos.
- 6- Suelos Pardos.
- 7- Suelos Pocos Desarrollados.
- 8- Suelos Vertisuelos.
- 9- Suelos Halomórficos Gley.

En la Figura No. 1 aparecen representados en este mismo orden el porciento que representa cada grupo dentro de la superficie total del municipio.

Figura No.1: Grupos de suelos (en porciento, municipio de Encrucijada).



Dentro de estos grupos de suelos, existen en el municipio gran diversidad de tipos de suelos, los que están distribuidos de la siguiente manera:

- ✓ Ferralítico Amarillento (IV) – 4 529,25 ha.
- ✓ Fersialítico Rojo Pardusco Ferromagnésico –614,63 ha.
- ✓ Fersialítico Pardo Rojizo – (VIII) –2 119,82 ha.
- ✓ Pardo sin carbonatos (IX) –381,53 ha.
- ✓ Pardo con carbonato (X) –5 704,43 ha.
- ✓ Húmicos carbonáticos (XIII) –584,57 ha.
- ✓ Oscuro Plástico Gleyzados (XV)–12 467,44 ha.
- ✓ Oscuro Plástico Gleysoso (XVI) –1 807,53 ha.
- ✓ Oscuro Plástico No Gleyzado (XVII) –1 230,74 ha.
- ✓ Gley Húmico (XVIII) –13 961,36 ha.
- ✓ Gley Ferralítico (XIX) –571,96 ha.
- ✓ Salonchak (XXIV)–4 305,94 ha.
- ✓ Aluvial (XXVI)-4 090,95 ha.
- ✓ Poco desarrollado –488,21 ha.

Principales características de los tipos de suelos predominantes en el municipio.

Tipo Ferralítico Amarillento (Tipo IV):

Proceso de formación aletización de una extrema hidratación del hierro en un medio hidromórfico.

Color: Suelos de color rojo amarillentos, que pasa de anaranjado claro a opaco.

Profundidad: Son suelos generalmente profundos a pocos profundos.

Topografía: ocupan relieve llanos, en posiciones más bajas.

Drenaje: Tanto el interno como el externo son deficientes.

Tipos de minerales: arcillosos predominantes caoleníticos.

Fersialítico Pardo Rojizo (Tipo VIII):

Proceso de formación de sialitización acompañado por la ferruginación de minerales arcillosos.

Color: suelos de color pardo oscuro que pasa a pardo rojizo, rosáceo a blanquecino en horizontes inferiores.

Profundidad: Son suelos muy poco profundos o medianamente profundos.

Topografía: Se desarrolla en relieve ligeramente ondulado a ondulado.

Drenaje: Su drenaje es moderado a bueno, tanto el interno como el externo, en ocasiones en posiciones bajas su drenaje interno puede ser deficiente.

Tipos de minerales arcillosos predominantes: Mezclas de minerales montmorillonitas y caoliniticos.

Pardo con carbonatos (Tipo X):

Proceso de formación: Sialitización en un medio rico en carbonato de calcio.

Color: Suelos de color pardos oscuros, pardo grisáceo, Pardo amarillentos etc.

Profundidad: Suelos poco profundos a medianamente profundos, algunos pueden llegar a ser profundos.

Topografía: Relieve de ondulado a alomado.

Drenaje: Bueno en algunos subtipos, el drenaje interno es deficiente a moderado.

Oscuro Plástico Gleyzado (Tipo XV):

Proceso de formación: Compactogénico (Sutogénesis)

Color: Suelos de color gris muy oscuro negro que pasa a gris oscuro.

Profundidad: Son pocos profundos a medianamente profundos, limitando su profundidad la fuente gleyzación, sus características hidromórficas que presentan tanto en profundidad como en superficie.

Drenaje: Deficiente

Gley Húmico (Tipo XIX):

Proceso de formación: Gleyzación acompañado por una humificación entre 30 y 40 cm.

Color: suelos de color negro en los primeros cm. que pasa a gris claro oliváceo, rojizo y luego pasa a amarillento.

Profundidad: Son suelos pocos profundos a medianamente profundos, limita su profundidad la fuerte gleyzación que presentan.

Topografía: Relieve llano, ocupando siempre Valles Fluviales, así como ciertas depresiones tectónicas y caucásicas.

Drenaje: Interno deficiente, en la superficie su drenaje es bueno.

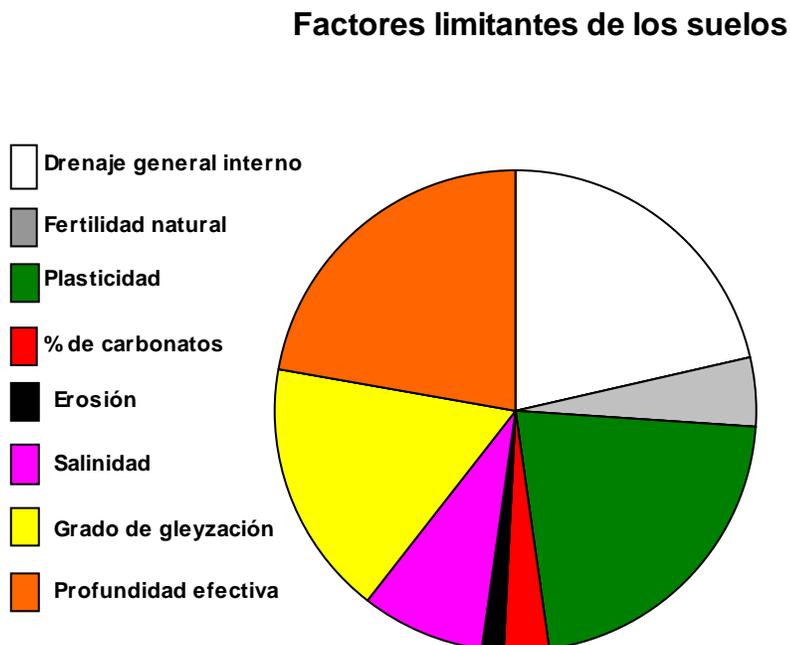
2.2 Factores limitantes de los suelos de Encrucijada

En los suelos de Encrucijada pueden apreciarse un grupo de factores limitantes que dificultan su uso agrícola y contribuyen a su degradación. El análisis de estos factores limitantes se realizó a partir de la norma cubana NC 31:1999.

- Drenaje general interno (39,2% de la superficie cultivable).
- Fertilidad natural (8,9% de la superficie cultivable)
- Plasticidad (39,2% de la superficie cultivable).
- % de Carbonatos (5,67% de la superficie cultivable)
- Erosión (0,38% de la superficie cultivable).
- Salinidad (12,45% de la superficie cultivable).
- Grado de gleyzación (31,8% de la superficie cultivable).
- Pedregosidad (3,8% de la superficie cultivable).
- Profundidad efectiva (41,04% de la superficie cultivable).

En la Figura No. 2 se representan los porcentajes de afectación de los suelos del municipio por los diferentes factores limitantes.

Figura No. 2: Factores limitantes de los suelos de Encrucijada (en porcentaje).



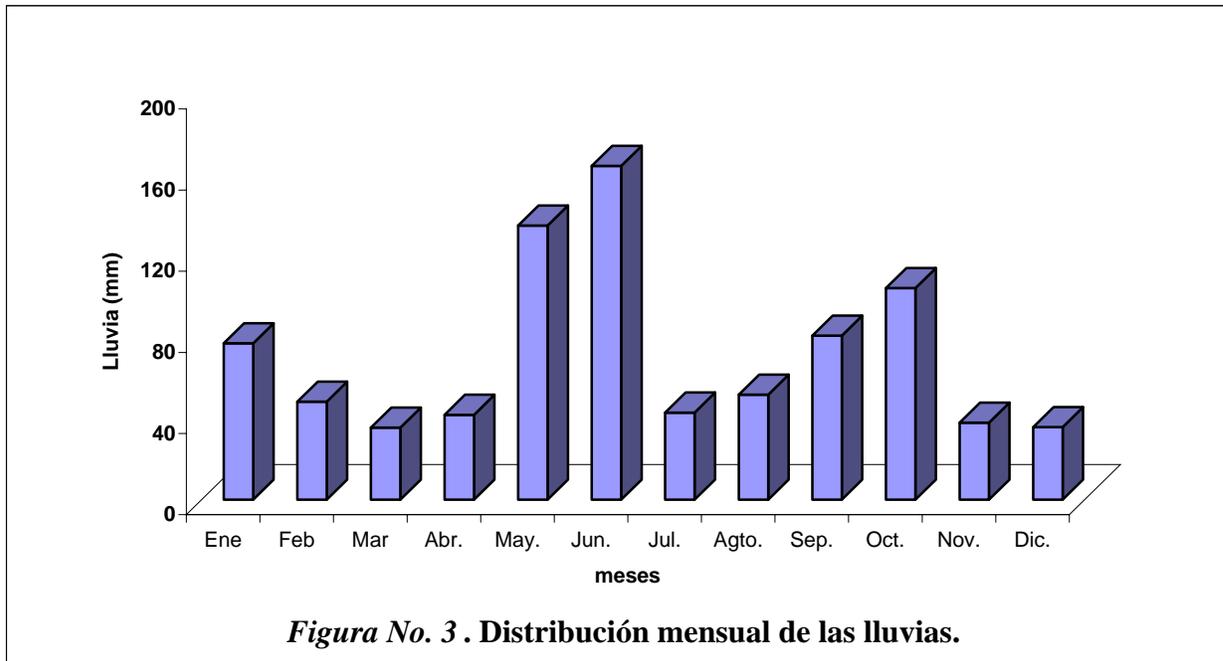
Debido a la estrecha relación existente entre el recurso suelo y los elementos del clima, a continuación se relacionan sus principales manifestaciones en el *Clima del municipio de Encrucijada*.

En la Tabla No. 3 se puede observar el comportamiento de los principales elementos climáticos en la zona (Estación Meteorológica Sagua la Grande, 22° 48´09" N y 80° 04´ 06"W).

Tabla No. 3. Comportamiento de las principales variables meteorológicas

Mes	Lluvia (mm)	Temp. Máx. (Media) (°C)	Temp. (Media) (°C)	Temp. Mínima (Media) (°C)	Hum. Relat. (%)	Veloc. Media Viento (m/s)	Evap. (mm/día)	Nub. (octos)
Enero	77,1	26,5	21,1	16,3	83,8	2,8	4,9	3,5
Febrero	48,3	27,0	21,5	16,5	81,3	2,9	5,4	3,4
Marzo	35,5	26,5	22,3	17,3	74,2	2,9	6,4	3,1
Abril	41,8	27,9	23,8	18,6	78,1	2,8	7,6	3,2
Mayo	135,1	28,9	25,3	20,6	79,9	2,4	7,7	3,5
Junio	164,5	31,1	27,0	23,1	82,8	1,8	7,0	3,9
Julio	42,9	32,0	27,1	22,8	81,7	2,0	7,2	3,6
Agosto	51,7	30,6	28,4	23,1	82,5	1,6	7,4	3,7
Sept.	80,9	27,8	26,4	23,5	79,7	1,7	6,2	3,8
Octubre	104,3	29,4	25,3	21,7	79,2	1,9	5,6	3,7
Nov.	37,9	27,2	23,6	19,8	84,2	2,2	4,9	3,5
Dic.	35,7	26,0	22,3	17,5	82,4	1,9	4,8	3,1
Medias	71,3	28,4	24,5	21,5	80,8	2,2	6,3	3,5

El comportamiento de las principales variables meteorológicas durante 20 años, indica que la temperatura media más baja ocurre en enero (21,1 °C) y la más alta en agosto (28,4 °C). Del mismo modo la humedad relativa es algo elevada casi todo el año, está en el rango del 74 - 84 %. La distribución mensual de las lluvias indica que marzo y diciembre son los meses más secos y mayo, junio y octubre los más lluviosos. (Figura No. 3).



Si bien es cierto que los problemas referentes a la degradación de los suelos en el municipio de Encrucijada son hoy el resultado de todo un proceso que tuvo su inicio en la etapa prerrevolucionaria; algunas de las prácticas implementadas en las últimas décadas han acelerado su degradación.

Para poder diagnosticar integralmente los suelos del municipio, es preciso identificar las principales áreas, que se encuentran delimitadas por factores de tipo geográfico y de relieve. A continuación se realiza un análisis detallado por cada una de estas áreas, que están representadas como Llanura Costera y Zona Alta.

Llanura costera.

En la década del 60 se extendió el cultivo de la caña de azúcar en la superficie del término municipal que se ubica en la llanura costera, fundamentalmente como monocultivo. En las décadas del 60 - 70 se utiliza de manera fundamental el riego por gravedad o aniego, con turbinas de pozo profundo, las cuales por motivos de una explotación no controlada afectaron el manto freático, salinizando los pozos y a su vez estos a los suelos. A finales de los 70 y principios de los 80, se fueron eliminando estos pozos, y se construyó un sistema de riego semi – ingeniero, por derivación desde la Presa Minerva, incorporándose posteriormente la Quinta y ya en los años 90 se construye el canal trasvase Alacranes - Pavón, utilizándose también en

pequeña escala las aguas de la presa Alacranes. Esta agua es de calidad, no siendo ya este el problema causante del deterioro de los suelos.

No se puede negar que si el sistema de riego por derivación detuvo el incremento de la salinización, el deterioro de la red de drenaje por falta de mantenimiento sistemático ha contribuido y contribuye aceleradamente al deterioro de los suelos por salinidad ya que los canales colectores y drenajes principales por su deterioro a la vez que cumplen su misión de incorporar agua a los campos; ya no son capaces de evacuar las aguas de los vertedores de drenaje secundarios, por lo que estos inundan las áreas finales de los campos afectando su producción entre un 30 a un 40% con respecto a los de la parte delantera de los bloques cañeros, el agua no se retira totalmente por gravedad, sino por evaporación fijando así la sal en la superficie del suelo. A esto se le suma la entrada de maquinarias pesadas con implementos no aptos para estos suelos con una profundidad de la capa arable de apenas 30 cm, de manera esencial el arado AP- 8 y 9, nombrado Torpedo mezcla el horizonte A con el B, quedando sepultados así los nutrientes esenciales a las plantas y junto con ellos las sales. A partir de las afectaciones producidas con el período especial iniciado en los años 90, son demolidas en su mayoría los cañaverales situados en las zonas más bajas para dedicarlas al cultivo del arroz y la explotación ganadera. Para el cultivo del arroz se implementó el sistema de aniego, lo que al reprimir la circulación del agua, se produce una costra superficial de sales sobre el suelo a partir de su evaporación. Por su parte la explotación ganadera sobre áreas otrora dedicadas al cultivo cañero, sin que con anterioridad fueran acondicionadas como pastizales, muestran en la actualidad signos de deterioro debido a que los períodos prolongados de sequía y la sobreexplotación de la carga animal dejan al suelo descubierto, a merced de los agentes meteorizantes: aire y agua.

Otro ecosistema costero que ocupa esta zona del municipio lo constituye la vegetación de manglar, que se extiende a lo largo de la línea costera, sobre suelo cubierto de agua salada de poca profundidad. De igual forma esta es una zona afectada por la tala furtiva con graves consecuencias a este ecosistema, sobre todo si se tiene en cuenta que estos suelos no tienen otro posible uso, dadas sus condiciones naturales.

Zona alta

El resto de la superficie cultivable de Encrucijada, donde además de la caña de azúcar se produce cultivos varios y diferentes tipos de ganado; son otros los problemas que se observan, a partir de que cambia el relieve y el tipo de suelo.

En estas áreas predomina el relieve ondulado, presentándose elevaciones de poca altura y pequeños valles. Estas condiciones naturales, unidas a la mala aplicación de la agrotecnia aceleran el proceso de erosión por zanjillas, quedando degradados los suelos en las partes más altas debido al lavado y la escorrentía hacia las zonas bajas. Dentro de esta superficie la situación se agrava en las zonas de relieve ligeramente montañoso, donde a pequeña escala se sucede incipientemente la agricultura migratoria, que se manifiesta en pequeñas extensiones que son taladas para cultivarse por uno o dos años hasta que dejan de producir debido a que son suelos de poco valor agrícola, con elevada tendencia a la erosión, casi nula capa arable y altos niveles de pedregosidad. Luego de agotada esa parcela a la que se le llama comúnmente “tumba”, el agricultor migra a otra parcela; la que será igualmente talada y explotada al límite de su capacidad productiva. También hay que sumar a ello la quema de los restos de las cosechas, que entorpecen ese proceso natural de incorporación de esta al suelo, lo que puede apreciarse además en las áreas cañeras. De manera general, tanto en la zona costera, como en la zona alta se acelera la pérdida de la cobertura forestal por la tala indiscriminada de manera furtiva, para ser utilizada como leña o madera. Este proceso posee consecuencias graves si se tiene en cuenta que en su mayoría las áreas forestales del municipio se encuentran situadas sobre suelos de poco valor agrícola. En el caso de las zonas de relieve montañoso sobre caliza, donde se encuentran bosques semicaducifolios de poca altura, la falta de vegetación trae consigo la pérdida del hábitat de diferentes especies de moluscos, reptiles, insectos, aves y mamíferos que dependen de ella para su subsistencia. En estas zonas, dentro de las que se encuentran entre las más representativas la “Loma del Miradero” al suroeste del poblado de Calabazar de Sagua, la “Loma del Purio” situada al sudeste de la localidad del mismo nombre y la “Loma del Chicharrón” situada al sudeste de la comunidad “La Sierra”; se extiende una vegetación de poca altura sobre roca caliza en forma de “Diente de perro”, lo que

demuestra su origen marino y el poco desarrollo del suelo. Además de la tala, otro factor que atenta contra la cobertura vegetal lo constituyen en estas áreas; los frecuentes incendios forestales que se suceden fundamentalmente en la temporada seca, quedando degradada la capa externa del Horizonte A (A1), donde tiene lugar la actividad microbiana en su expresión máxima. Además de quedar suprimida la flora microbiana del suelo, éste queda desprotegido y a merced de la meteorización.

Al realizar el estudio del recurso suelo en el municipio, otro de los elementos a considerar es el uso que se le da al mismo y las entidades vinculadas a su explotación. En el caso de Encrucijada las entidades de mayor impacto son la Empresa Forestal, Delegación Municipal de MINAGRI, Empresa Pecuaria y los Complejos Agroindustriales (CAI): Abel Santamaría, Perucho Figueredo y Emilio Córdova, los que serán analizados a continuación:

Empresa Forestal

A pesar de que algunos aspectos relacionados con la cobertura forestal, han sido analizados anteriormente, a continuación se ha considerado profundizar en este aspecto por la importancia que este tiene para el recurso suelo. El patrimonio forestal del municipio está compuesto; según los datos de la Empresa Forestal de la siguiente manera:

- Patrimonio forestal----17 562,49 ha.
- Plantaciones jóvenes menores de 3 años----757,70 ha.
- Plantaciones establecidas-----1 727,21 ha.
- Bosques naturales----14 618,44 ha.
- Inforestal-----48,2 ha
- Deforestada-----411,02 ha.

Una de las dificultades fundamentales que existe con respecto a la cobertura forestal y que impide una mayor incidencia de la Empresa forestal; lo constituye el hecho de estar esta distribuida en diferentes organismos o entidades, según aparece a continuación en la Tabla No. 4.

Tabla No. 4: Distribución de la superficie forestal

Localización	Plantaciones jóvenes (ha)	Plantaciones establecidas (ha)	Bosques naturales (ha)	Superficie deforestada (ha)	Superficie inforestal (ha)
Forestal	78,00	743,19	7352,51	184,12	48,12
Sector cooperativo y campesino	43,40	125,78	309,69	-----	-----
Ganadería	20,40	42,50	1 558,21	18,30	-----
MINAZ	595,20	748,97	5407, 22	207,80	-----
Población	20,70	66,77	10,81	-----	-----
MININT	-----	-----	-----	0,80	-----

2.3 Caracterización del CAI Abel Santamaría

Ubicación

Se encuentra ubicado en el macizo cañero de la costa norte de Villa Clara. Limita al norte con el CAI “Emilio Córdova”, al Sur con el CAI “Luis Arcos Bergnes”, al este con el CAI “Batalla de Santa Clara” y al oeste con el CAI “Perucho Figueredo”.

Fue fundado alrededor del año 1867 por el español Pablo Larrondo. En 1909 llegó a alcanzar una norma de molida de 90 000 @ de caña diarias. Al triunfo de la revolución el central pertenecía a la compañía azucarera Encrucijada S.A. En 1959 molió 14 419 766 @ de caña para una producción de 177 549 sacos de azúcar de 250 libras, en un área de 6 710 ha. El central lleva el nombre de “Abel Santamaría” desde que en 1960 fue intervenido por la revolución.

Estructuralmente cuenta con 4 Unidades Básicas de Producción Cooperativas (UBPC), el Banco de Semilla Registrada, 2 Cooperativas de Producción Agropecuarias (CPA), 2 Cooperativas de Créditos y Servicios (CCS) y una granja de autoconsumo que totalizan una superficie cañera de 6 750,26 ha distribuidas una parte en la zona alta y otra en la costa, con bloques típicos en su mayoría. El área geográfica total del CAI es de 8 339,19 ha, de las cuales 8 186,20 ha tienen valor agrícola.

Suelos predominantes.

Según, la Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández y col., 1975), en este CAI existen 8 grupos principales y 21 subtipos de suelos los cuales se describen a continuación.

Aluviales.

En este grupo aparecen los gleysosos, diferenciados y estratificados con un 3,52%. Aunque son más profundos, son compactos y mal drenados, tienen bajos contenidos de materia orgánica, el pH es generalmente de reacción ácida, no tienen afectaciones por salinidad, piedras o gravas y son de fertilidad media a alta.

Fersialíticos.

Representan el 12,6% del área del CAI, predominando el tipo Fersialítico rojo parduzco y pardo rojizo. La pendiente es ondulada y el drenaje es satisfactorio, posee textura arcillosa, lo que incide en su consistencia ligeramente compacta a compacta en su superficie. Son suelos poco a muy poco profundos, siendo el más afectado por este factor. En el área hay poca erosión laminar y existe muy poca a poca pedregosidad y graviliosidad, la rocosidad y los pedregones están prácticamente ausentes.

Ferralíticos.

Este grupo sólo alcanza el 11,6% y encuentra solamente en los subtipos amarillentos cocrecionario, gleysoso, típico y pardo rojizo. Son poco profundos, casi llanos y sin dificultades en el drenaje. Su consistencia es ligeramente compacta a compacta. No son erosionados y predomina la textura franco arcilloso.

Vertisuelos.

Dentro de este agrupamiento están los oscuros plásticos gleysosos, no gleyzados y gleyzados, los que ocupan el primer lugar en importancia con el 45,71% y se caracterizan por su poca y muy poca profundidad efectiva, relieve llano, textura arcillosa y drenaje imperfecto. La consistencia es muy compacta y no presentan piedras ni gravas, las concreciones son pocas y la rocosidad está ausente. El contenido de materia orgánica es bajo, en tanto que la fertilidad fosfórica y potásica es media. La Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) es alta y el pH muestra acidez.

Pardos.

Estos suelos ocupan el segundo lugar en importancia con el 25,51%, son poco profundos, ligeramente ondulados, casi siempre neutros, de mal drenaje y consistencia compacta motivada por tener textura franco arcillosa y arcillosa. La gravillosidad, pedregosidad, las concreciones y la rocosidad están prácticamente ausentes. Son de fertilidad media, alta capacidad de intercambio catiónico (CIC) y no son afectados por salinidad. El contenido de materia orgánica es bajo.

La Tabla No. 5 muestra la distribución de cada tipo de suelos por Unidad Básica del CAI:

Tabla No. 5. Distribución de los principales agrupamientos de suelo del CAI Abel Santamaría por Unidades Básicas de Producción Cooperativa (UBPC).

UBPC	Agrupamiento de Suelos								
	Aluv.	Ferral.	Fersial.	Hidrom	HCalc	Pard.	P. Des.	Vertis.	Total
01	63,4	48,7	388,5			583,3			1084
02	23,7	290,5	182,5		11,5	645,2		156,1	1310
03	34,8	384,4	4,5	31,9	6,7		4,5	1740	2207
04								1704	1704
05	6,5		15,3			126,9			148,7
20	33,3	7,8	51,5			154,1	1,6	13,4	261,7
21						5,3			5,3
22	80	47,9	106,4			62,9		59,1	356,3
41		8,8						101,2	110
50	20,3	36,5	182			352,3		24	615,1
51	31,4	140,2	128,8		11,8	197,5	14,1	14,2	538
ha	293,4	964,8	1059,5	31,9	30	2127,5	20,2	3813	8340
cab	21,86	71,89	78,949	2,37	2,24	158,5	1,5	284,1	621,4
%	3,52	11,6	12,6	0,38	0,6	25,5	0,24	45,71	100

2.4 Caracterización del CAI "Perucho Figueredo"

Ubicación

Se encuentra ubicado en el macizo cañero de la costa norte de Villa Clara, limita al norte con zonas costeras, al sur con el Consejo Popular de Calabazar de Sagua, al este con el CAI "Emilio Córdova" y CAI "Abel Santamaría", al oeste con el CAI "Héctor Rodríguez" y el CAI "El Vaquerito".

Fue fundado en 1870 siendo su dueño el catalán Juan Oña bajo el nombre de "Central Purio S.A.". Contaba con 805,20 ha de tierra de las cuales 335,50 solo se dedicaban a caña. En 1918 produjo 70 000 sacos de azúcar en una zafra de unos 5 meses. En el año 1950 el central envasa 102 515 sacos de azúcar. En la zafra del año 1970 el central produjo 24 793 toneladas de azúcar que constituyó su record de

producción. Cuando el central fue intervenido en 1960 pasó a nombrarse “Perucho Figueredo”.

Estructuralmente cuenta con 5 UBPC, el Banco de Semilla Registrada, una CPA y una CCS que totalizan una superficie cañera de 7147,5 ha distribuidas en bloques típicos en su mayoría. El área geográfica total del CAI es de 10 887,6 ha, de las cuales 9789,9 ha tienen valor agrícola.

Suelos predominantes.

Según, la Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández y col., 1975), en este CAI existen 9 grupos principales y 18 subtipos de suelos los cuales se describen a continuación.

Hidromórficos.

En este agrupamiento se distinguen los suelos Gley húmicos y Gley ferralíticos que son los predominantes y ocupan el 46,47%. Se caracterizan por su poca profundidad efectiva (< 20 cm.), relieve llano, la presencia de gley en el primer horizonte a causa de una alta concentración de arcilla montmorillonita y el predominio de procesos hidromórficos casi todo el año, que afectan la aireación el drenaje interno y favorecen la compactación. La consistencia es compacta y no presentan pedregosidad ni graviliosidad, las concreciones son escasas y la rocosidad está ausente. El contenido de materia orgánica es bajo, el de fósforo y potasio asimilable es medio. La Capacidad de Intercambio Catiónico es alta y el pH muestra alguna acidez en la mayoría de las áreas, además de estar afectados por salinidad.

Vertisuelos.

Dentro de este agrupamiento están los oscuros plásticos gleysosos, no gleyzados y gleyzados, los que ocupan el segundo lugar en importancia con el 32,73% y se caracterizan por su poca y muy poca profundidad efectiva, relieve llano, textura arcillosa y drenaje imperfecto. La consistencia es muy compacta y no presentan piedras ni gravas, las concreciones son pocas y la rocosidad está ausente. El contenido de materia orgánica es bajo, en tanto que la fertilidad fosfórica y potásica es media. La Capacidad de Intercambio Catiónico es alta y el pH muestra acidez y algunas áreas están afectadas por salinidad.

Aluviales.

En este grupo aparecen los suelos gleyzados con un 1,49%, que aunque son más profundos, son compactos, mal drenados, tienen bajos contenidos de materia orgánica, el pH es generalmente de reacción ácida, no tienen afectaciones por salinidad, piedras o gravas y son de fertilidad media a alta.

Pardos.

Estos suelos solo ocupan unas 511,5 ha (5,28%), son poco profundos, ligeramente ondulados, casi siempre neutros y de mal drenaje y consistencia compacta motivado por tener textura franco arcillosa y arcillosa. La graviliosidad, pedregosidad, las concreciones y la rocosidad están prácticamente ausentes. Son de fertilidad media, alta CIC y no son afectados por salinidad. El contenido de materia orgánica es bajo.

Húmicos carbonáticos.

Estos suelos están representados por los Húmicos carbonáticos y solo ocupan un 3,79%. Son poco profundos, ligeramente ondulados, casi siempre neutros, de mal drenaje y consistencia compacta a causa de la textura arcillosa. La graviliosidad, pedregosidad, las concreciones y la rocosidad están ausentes. Son de fertilidad media, alta CIC y no son afectados por salinidad. El contenido de materia orgánica es también bajo.

Ferralíticos.

Este grupo sólo alcanza el 7,6%. Se encuentra solamente en los subtipos amarillentos cuarcíticos amarillo rojo lixiviado. Son poco profundos en el 66% de los casos, casi llanos y sin dificultades en el drenaje. Su consistencia es ligeramente compacta en el 66% del área y compacta en el resto. No son erosionados y predomina la textura franco arcillosa. No tienen pedregosidad, rocosidad, ni pedregones.

La materia orgánica está en las categorías de rico a medio en el 73% del área y el resto es pobre y muy pobre. El fósforo asimilable es de medio a pobre en el 94% del área. El potasio es de muy pobre a pobre. La Capacidad de Intercambio Catiónico es adecuada (23,12 meq /100 gs). El pH es neutro.

La Tabla No. 6 muestra la distribución de cada tipo de suelos por Unidad Básica del CAI:

Tabla No. 6. Distribución de los principales agrupamientos de suelo del CAI por UBPC.

UBPC	Agrupamiento de Suelos									
	Aluv.	Ferral.	Fersial.	Halom.	Hidrom	HCalc	Pard.	P. Des.	Vertis.	Total
01					1140				933,2	2073,2
02	145	414			322				1193,9	2075,1
06		89,2			1256	178	52,5		566,9	2142,8
07		180	33,4	94	742	4,8	133,6	33,4	107,6	1329,1
08				27	1039		13,4		208,9	1287,6
21		22,8	13,4			14,5	44,4			95,1
42						49,8			21,9	71,7
51		33,5	21,2			120	267,6	28,9	136,7	608
ha	145	740	68	121	4500	367	511,5	62,3	3169,1	9682,6
Cab.	10,8	55,1	5,1	9,0	335,3	27,3	38,1	4,6	236,1	721,5
%	1,49	7,64	0,70	1,25	46,47	3,79	5,69	0,64	32,73	100,00

2.5 Caracterización del CAI “Emilio Córdova”

Ubicación.

Se encuentra ubicado en el macizo cañero de la costa norte de Villa Clara a los 25° Norte y 27° oeste, limita al Norte con La Playa Nazabal, al sur con el CAI “Abel Santamaría” y el CAI “Batalla de Santa Clara”, al este con el río Sagua La Chica y al oeste con el CAI “Perucho Figueredo”.

Fue fundado en 1844 con el nombre de “La Madrid” moliendo alrededor de 20 000 @ de caña en 24 horas, con 1540 ha de tierra para caña. A principios de siglo pasó a nombrarse Central “Nazabal” con el cambio de propietario. Desde 1912 tuvo una pequeña fábrica para la destilación de Aguardiente. En la zafra de 1914 el central produjo 135 000 sacos de azúcar en 6 meses de zafra, siendo una de las mayores en 1930 con 231 924 sacos. Su récord de molienda ocurrió en 1971 con 270 456 @ de caña.

Estructuralmente cuenta con 5 UBPC, el Banco de Semilla Registrada y una CPA que totalizan una superficie cañera de 6242,9 ha, distribuidas en bloques típicos en su mayoría. El área geográfica total del CAI es de 8266,2 ha, de las cuales 7619, ha tienen valor agrícola.

Suelos predominantes.

Según, la Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba (Hernández y col., 1975), en este CAI existen 3 grupos principales y 7 subtipos de suelos los cuales se describen a continuación.

Hidromórficos.

En este agrupamiento se distingue el suelo Gley húmico típico que es el predominante y ocupa el 59,04% del total. Se caracteriza por su poca profundidad efectiva (< 20 cm.), relieve llano, la presencia de gley en el primer horizonte a causa de una alta concentración de arcilla montmorillonita y el predominio de procesos hidromórficos casi todo el año, que afectan la aireación el drenaje interno y favorecen la compactación. La consistencia es compacta y no presentan pedregosidad ni graviliosidad, las concreciones son escasas y la rocosidad está ausente. El contenido de materia orgánica es bajo, el de fósforo y potasio asimilable es medio. La Capacidad de Intercambio Catiónico es alta y el pH muestra alguna acidez en la mayoría de las áreas, además de estar afectados por salinidad.

Vertisuelos.

Dentro de este agrupamiento están los oscuros plásticos gleyzados y gleyzados, los que ocupan el segundo lugar en importancia con el 28,75% y se caracterizan por su poca y muy poca profundidad efectiva, relieve llano, textura arcillosa y drenaje imperfecto. La consistencia es muy compacta y no presentan piedras ni gravas, las concreciones son pocas y la rocosidad está ausente. El contenido de materia orgánica es bajo, en tanto que la fertilidad fósforo y potásica es media. La Capacidad de Intercambio Catiónico es alta y el pH muestra acidez y algunas áreas están afectadas por salinidad.

Aluviales.

En este grupo aparecen los gleyzados, los poco diferenciados y los diferenciados con un 12,21%. Aunque son más profundos, son compactos y mal drenados, tienen bajos

contenidos de materia orgánica, el pH es generalmente de reacción ácida, no tienen afectaciones por salinidad, piedras o gravas y son de fertilidad media a alta.

La Tabla No. 7 muestra la distribución de cada tipo de suelos por Unidad Básica del CAI:

Tabla No. 7. Distribución de los principales agrupamientos de suelo del CAI por UBPC.

Unidad	Agrupamiento de Suelos			
	Aluviales	Hidromórfico	Vertisuelo	Total general
01	34,6	748,3	576,6	1359,5
02	11,1	1437,4	454,8	1903,3
03	9,2	814,9	675,9	1500
04	312,7	1068,1	343,2	1724
05	245,7	33		278,7
41		109,7		109,7
50	257,7			257,7
Total (ha)	871	4211,4	2050,5	7132,9
Total (cab)	64,9	313,8	152,8	531,5
%	12,2	59,1	28,7	100

2.6 Principales limitantes en el desarrollo de la caña de azúcar

En el CAI existen 3 grupos principales de suelos semejantes en varias características por lo que es posible evaluar en conjunto los factores que limitan el desarrollo del cultivo. Al analizar las causas que inhabilitan las tierras del CAI para cultivar caña de azúcar se aprecia que casi la totalidad de las no aptas se corresponden con suelos donde hay presencia de gley, que en buena medida es la causa principal del mal drenaje interno y la compactación, aunque también está presente la poca profundidad efectiva afectando 789,6 ha para un 11,6% del área total del complejo. Particular atención merece la salinidad que afecta a 589,2 ha (8,26%).

Sus suelos son muy llanos, de fertilidad media y bajo contenido de materia orgánica con alta Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC) y no son limitados por obstáculos (gravas, piedras o rocas).

Principales problemas que se han encontrado.

Al analizar los principales factores limitantes de los suelos de los CAI, se pudo constatar que de manera general el carácter no cultivable de las áreas se debe a la presencia de Gley. Principal atención merecen problemas como la plasticidad, el mal drenaje interno y la salinidad, los que constituyen verdaderos frenos a la productividad de estos suelos, que unidos a la aplicación incorrecta de la agrotecnia pueden continuar agravándose, en detrimento de su conservación adecuada como recurso.

Además de la caracterización realizada, y a partir de las conclusiones del capítulo I que demuestran la marcada influencia del factor humano sobre los problemas detectados; el autor consideró necesario realizar un diagnóstico que permitiera profundizar en las causas que pueden incidir en el deterioro de los suelos del municipio.

Diagnóstico

Para la realización del diagnóstico se utilizaron los siguientes métodos empíricos:

Métodos:

- Análisis de documentos: Con el objetivo de determinar las acciones que se realizan por las diferentes entidades para la protección y conservación del suelo, así como analizar los datos históricos acerca de este recurso. Por lo que se revisaron las Estrategias ambientales, así como los documentos que archivan los datos históricos de las entidades.
- Encuesta: A dirigentes de las entidades agropecuarias, del partido y el gobierno con el objetivo de constatar el nivel de información y la perspectiva que ellos tienen acerca del recurso suelo en el municipio.
- Entrevista: A productores directos con el objetivo de verificar las diferentes acciones que estos realizan en el uso y conservación de este recurso.

- Estudio de caso: Con el objetivo de caracterizar y diagnosticar la situación en que se encuentran los suelos del municipio y proponer las medidas para contribuir a la solución de las barreras que frenan su conservación y uso sostenible.
- Observación: Se observaron sistemáticamente mediante una guía de observación (Anexo No. 5) diferentes áreas del municipio con el objetivo de constatar la existencia de problemas ambientales y el manejo que se realiza con el suelo.
- Criterio de Expertos: Con el objetivo de valorar la calidad y pertinencia del Plan de Medidas propuesto.

Análisis de documentos.

A lo largo del proceso de investigación fueron revisados los registros históricos de las diferentes entidades del municipio que se vinculan al uso del suelo, lo que posibilitó la caracterización general realizada en párrafos anteriores.

Teniendo en cuenta que para el uso adecuado de este recurso es preciso que las entidades vinculadas a él cuenten con una estrategia para su uso y conservación; se procedió a su revisión, con los resultados siguientes:

Durante el proceso investigativo se pudo constatar que las entidades del MINAZ y MINAGRI, las empresas Pecuaria y Forestal no tenían una estrategia para el uso y conservación del suelo, al serles solicitada por el autor. En el caso del CITMA municipal existe una estrategia y los resultados de su revisión se relacionan a continuación:

La estrategia está bien concebida desde el punto de vista metodológico, un alcance general a los diferentes problemas del territorio e involucra a las principales autoridades del mismo, sin embargo no se precisan acciones específicas para el recurso suelo y en las acciones predomina un enfoque pedagógico o de educación ambiental, en realidad no pretende resolver los problemas, sino hacer un trabajo preventivo.

Resultados de las Encuestas:

Uno de los métodos utilizados como complemento al estudio de caso realizado lo constituyó la encuesta a directivos de distintos niveles, que de una manera u otra se encuentran vinculados en su accionar a este recurso.

Encuesta a directivos Municipales del PCC y el Gobierno (Anexo No. 1)

Se consideraron para la encuesta:

Vicepresidente del Gobierno.

CITMA: Delegada del CITMA del municipio.

PCC: Agropecuario del PCC.

Delegado de la agricultura del municipio de Encrucijada.

En la pregunta 1, tres directivos para el 75% plantean que solamente se afecta la compactación y la salinidad, no reconociendo que el resto de los problemas esté afectado en el municipio. En la pregunta 2, al evaluar el proceso degradativo del suelo en el municipio el 50% le da al municipio una categoría de alto, uno para un 25% de media y un directivo lo evalúa de baja, al contestar el por qué los criterios se refieren a la existencia de salinidad y compactación, sin que fueran capaces de argumentar nada más. Esto demuestra que estos directivos no reconocen los problemas ambientales de los suelos del municipio. En cuanto a la pregunta 3 de la encuesta el 100% plantea que existe una estrategia en el municipio. En la cuarta pregunta al indagar en aquellas medidas que proponen para resolver los problemas, las medidas se resumen en labores agrotécnicas como el uso de abonos verdes, aplicación de materia orgánica, uso del laboreo mínimo y rotación de cultivos. Esto demuestra que los directivos no tienen una apreciación consciente de la magnitud de los problemas de los suelos del municipio desde una perspectiva ambiental con enfoque integral.

Encuesta a Directivos de Entidades del MINAZ y MINAGRI. (Anexo 2)

Se consideraron:

Director de caña del CAI Perucho Figueredo.

Jefe de riego del CAI Perucho Figueredo.

Director de caña del CAI Abel Santamaría.

Especialista de suelo del CAI Abel Santamaría.

Especialista de suelo de la agricultura del municipio de Encrucijada.

Presidente de la ANAP en el municipio.

En la pregunta número 1 el 50% refiere a la salinidad como un problema ambiental, el resto no lo señala, esto se debe a la ubicación que tienen cada una de las entidades ya que este fenómeno sólo se aprecia en la zona costera, lo que influye

también en la compactación, la gleyzación y mal drenaje con idénticos resultados. En el caso de la contaminación, la pedregosidad y el exceso de carbonatos solo fueron marcados por el 25%, por la misma causa anteriormente señalada, al estar estos problemas presentes en la zona alta, y la erosión no fue marcada por ninguno de los encuestados. En la pregunta 2 en cuanto a las causas, los encuestados se refieren de manera general al uso excesivo de químicos, mala calidad de los equipos de preparación de suelos y a la mala calidad del sistema de drenaje. En la pregunta 3 todos plantean que pueden atenuarse, para un 100%, al referirse al por qué, estos no son capaces de argumentar. En la pregunta 4 el 100% plantea que existe una estrategia, pero al referirse a las medidas en la pregunta 5, solo refieren las medidas agrotécnicas de uso común como la aplicación de materia orgánica, el laboreo mínimo y rotación de cultivos. Estos resultados demuestran que además de que en las entidades productivas no cuentan con una estrategia referida a la conservación del suelo, como ya fue constatado en la revisión de documentos; la visión que ellos tienen sobre los problemas está muy parcializada en dependencia de la ubicación geográfica de su entidad y demuestran bajos niveles de conocimientos ambientales al realizar las argumentaciones a sus criterios.

Entrevista a productores (Anexo 3)

A partir de la entrevista individual con pequeños agricultores, agricultores migratorios, cooperativistas en sus distintas modalidades y obreros agrícolas se obtuvieron los siguientes resultados:

- Los productores consideran en su totalidad que los suelos presentan buen estado de conservación, porque son productivos si se les atiende bien, sin que fueran capaces de argumentar nada más.
- Entre los problemas que se mencionan está el enyerbamiento intenso con Don Carlos, Marabú y otras plantas no objeto de cultivo, la pedregosidad en zonas altas y el encharcamiento (mal drenaje) en las zonas bajas.
- Entre las medidas que aplican para proteger el suelo plantean de manera general el hacer las cosas bien, eliminar el enyerbamiento y usar menos productos químicos.

- Entre las prácticas que pueden afectar al suelo refieren el dejar crecer el Marabú sin control, el abandono del suelo, el uso de productos químicos y el uso de la maquinaria.

Luego de haber hecho un análisis de cada una de éstas insuficiencias se hizo necesario aplicar un instrumento donde se pusiera a consideración por los especialistas (Anexo 4) cuáles de éstas son causas o barreras que atentan hoy contra la calidad del proceso de cuidado y conservación del recurso suelo del municipio Encrucijada y se solicitó a cada uno de ellos, ordenarlas por su importancia desde uno hasta seis, siendo el 1 el más importante y el 6 el de menor importancia, según criterio personal de cada entrevistado.

Los resultados obtenidos se procesaron cuantitativamente a través de la Matriz de Juicio (Tabla No. 8), donde a partir de allí se elaboró el Diagrama de Ishikawa, o de causa - efecto como también se le conoce.

Para la determinación de dichas barreras se tomaron los criterios expresados en las entrevistas y encuestas aplicadas a los diferentes estratos, así como la observación y la revisión de documentos. De dicho análisis se precisaron seis (6) barreras que fueron ponderadas con el propósito de conocer el orden de importancia de las mismas en el efecto e indicar las prioridades respecto a las soluciones y su nivel de influencia en el cambio que se pretende lograr. A continuación aparecen los resultados de la matriz de juicio:

Tabla No. 8: Matriz de Juicio.

No	Barreras determinadas	Especialistas.										Rj	C
		E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10		
1	Aplicación incorrecta de las labores agrotécnicas.	4	2	1	5	6	4	5	6	6	6	41	40%
2	No aplicación de medidas de conservación de suelos.	6	4	3	6	5	5	4	3	3	5	44	60%
3	Los principales dirigentes de las empresas agropecuarias no logran identificar los problemas ambientales que afectan los suelos.	3	1	2	4	3	3	3	5	5	3	32	50%
4	En el municipio no se cuenta con un diagnóstico preciso e integral del recurso suelo.	1	6	3	2	1	2	1	2	1	1	20	50%
5	No se analizan los problemas del suelo desde un enfoque ambiental, sino a partir de los factores limitantes.	2	5	4	1	2	1	2	4	2	2	25	50%
6	En las diferentes empresas no existe una estrategia concreta dirigida a la protección y conservación del recurso suelo.	5	3	6	3	4	6	6	1	4	4	42	60%

Una vez emitido los valores por parte de los especialistas se condensó en una Matriz de Juicio, donde R_j aparece como la sumatoria de los valores otorgados por cada uno de los especialistas (E), de éste análisis se deduce que la R_j de menos valor es la más importante.

Después se calculó la concordancia (C) expresada como:

$C = (1 - V_n / V_t) \times 100$, donde:

C = Concordancia expresada en porcentaje.

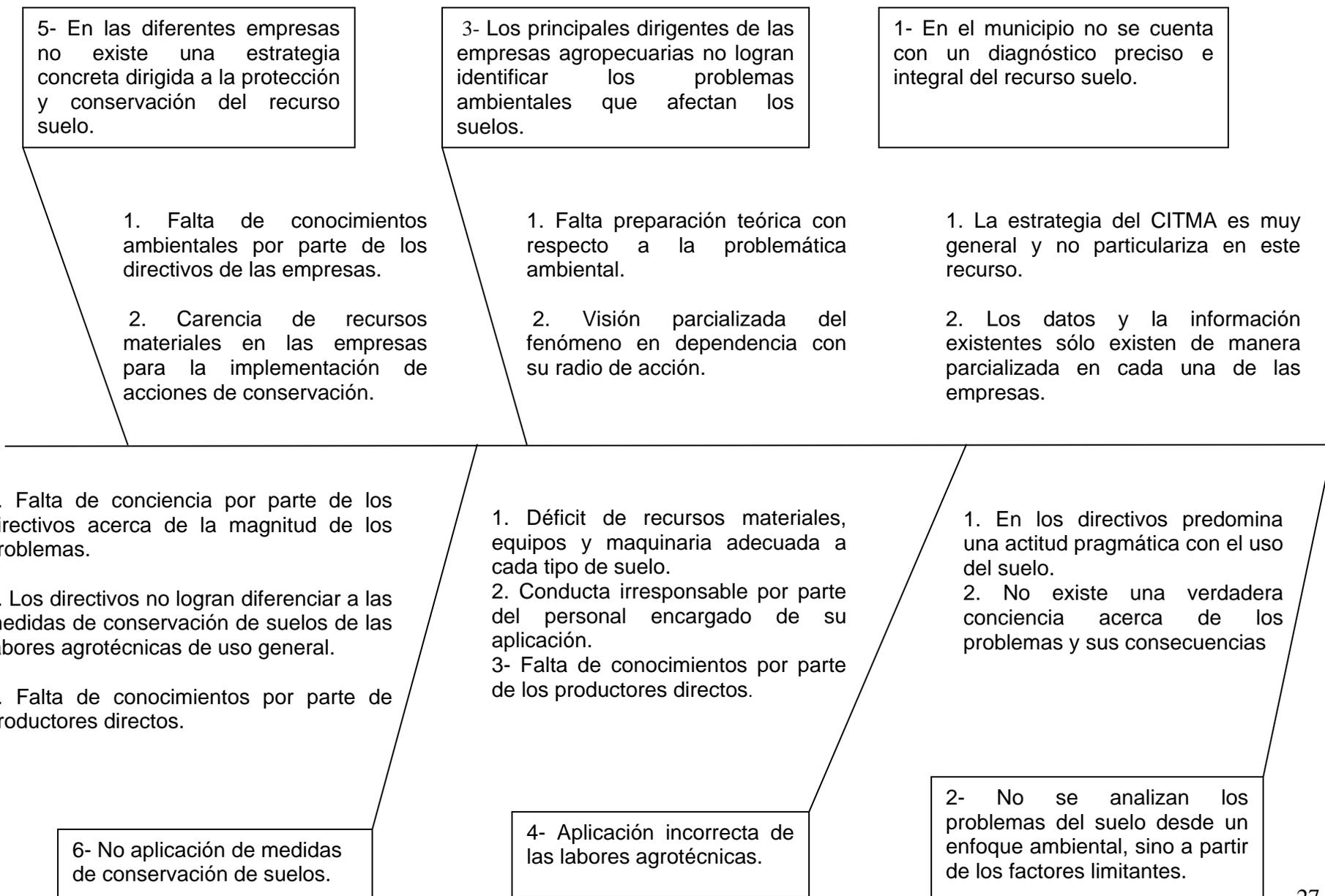
V_n = Cantidad de especialistas en contra del criterio predominante.

V_t = Cantidad total de especialistas.

Según esta metodología las barreras quedaron ordenadas de la siguiente manera:

- 1- En el municipio no se cuenta con un diagnóstico preciso e integral del recurso suelo. ($R_j = 20$)
- 2- No se analizan los problemas del suelo desde un enfoque ambiental, sino a partir de los factores limitantes. ($R_j = 25$)
- 3- Los principales dirigentes de las empresas agropecuarias no logran identificar los problemas ambientales que afectan los suelos. ($R_j = 32$)
- 4- Aplicación incorrecta de las labores agrotécnicas. ($R_j = 41$)
- 5- En las diferentes empresas no existe una estrategia concreta dirigida a la protección y conservación del recurso suelo. ($R_j = 42$)
- 6- No aplicación de medidas de conservación de suelos. ($R_j = 44$)

Diagrama de Ishikawa



Conclusiones parciales del Capítulo:

- 1- A pesar de que las entidades vinculadas directamente al uso de los suelos del municipio poseen cierto diagnóstico de los suelos a su responsabilidad, el municipio no cuenta con un diagnóstico integral de este recurso.
- 2- Los problemas ambientales que más afectan a los suelos de Encrucijada según el criterio de los dirigentes de las entidades son esencialmente los factores limitantes, representados descendentemente por el drenaje general interno, el porcentaje de carbonatos, la plasticidad y el grado de gleyzación.
- 3- El diagnóstico que tienen las diferentes entidades no profundiza en problemas ambientales del suelo tales como erosión, contaminación y salinización, y no abarca las áreas no productivas.
- 4- En el municipio se realizan diferentes prácticas relacionadas con el suelo, que al no realizarse de manera correcta, pueden conducir a su degradación.
- 5- La aplicación de medidas de protección y conservación de suelos en el territorio es mínima.

Capítulo III: Propuesta del Plan de Medidas

Para la elaboración del siguiente plan de medidas se partió del estudio teórico de los principales problemas ambientales que presentan los suelos a escala mundial y nacional, y sus manifestaciones en el territorio del municipio de Encrucijada, Villa Clara, según los resultados del diagnóstico y caracterización realizados. Con el objetivo de conocer las causas de estos problemas detectados y las barreras que frenan la conservación del suelo se realizó el diagrama de Ishikawa el que permitió la ponderación de estas, para contribuir a su solución, por lo que el Plan de medidas está dirigido a ese fin. El plan de medidas está dividido en tres partes fundamentales. La primera parte lo conforman las medidas de carácter general (Tabla No. 9), en segundo lugar aparecen las medidas específicas a cada barrera detectada (Tabla No. 10) y por último aparecen los factores limitantes y problemas ambientales con su efecto, consecuencias y medidas de solución (Tabla No. 11).

3.1 Medidas Generales

A continuación se muestran las medidas generales:

Tabla No. 9. Medidas Generales.

Medidas	Responsable	Fecha de cumplimiento
1- Establecer un puesto de dirección a nivel municipal para controlar sistemáticamente la situación del recurso suelo.	Funcionario Esfera Agropecuaria del MINAGRI, CITMA Municipal.	Septiembre/2010 (Mensual)
2- Mantener el diagnóstico sistemático de la situación del suelo en el municipio.	CITMA Municipal.	Permanente.
3- Programar un curso de capacitación con temas ambientales y de conservación de suelos dirigido a los directivos de las entidades involucradas.	CITMA Municipal.	ABRIL/ 2010

4- Establecer un sistema de supervisión para controlar el desarrollo de las medidas que se ejecuten.	CITMA - PCC Municipal	Octubre /2010
--	--------------------------	------------------

3.2 Plan de medidas específicas a cada barrera detectada

En la tabla que se muestra a continuación se especifica el Plan de medidas específicas a cada barrera detectada.

Tabla No. 10. Plan de Medidas específicas a cada barrera detectada.

Barreras	Medidas	Organismo Responsable	Fecha de Cumplimiento
1- En el municipio no se cuenta con un diagnóstico preciso e integral del recurso suelo.	1- Enriquecer el diagnóstico realizado en la presente investigación, con la toma de muestras y el análisis de los suelos en el Laboratorio Provincial de Suelos. 2- Involucrar a todos los factores implicados en el uso y explotación de este recurso.	1- CITMA Municipio, MINAZ, MINAGRI. 2- PCC, gobierno, CITMA, MINAZ; MINAGRI, Empresa Forestal.	1- Sep/201 0 2- Sep/201 0

<p>2- No se analizan los problemas del suelo desde un enfoque ambiental, sino a partir de los factores limitantes.</p>	<p>1- Capacitar a los dirigentes de las diferentes entidades en torno a los problemas ambientales asociados al suelo.</p>	<p>1-CITMA Municipal.</p>	<p>1- Oct/2010</p>
<p>3- Los principales dirigentes de las empresas agropecuarias no logran identificar los problemas ambientales que afectan los suelos.</p>	<p>1- Capacitar a los dirigentes de las diferentes entidades en torno a los problemas ambientales asociados al suelo.</p>	<p>1-CITMA Municipal. -Delegación Provincial MINAGRI. -Delegación Provincial del MINAZ.</p>	<p>1- Oct/2010.</p>
<p>4- Aplicación incorrecta de las labores agrotécnicas.</p>	<p>1- Establecer un sistema de supervisión para valorar la calidad con que se realizan las labores agrotécnicas. 2- Capacitar técnicamente al personal que ejecuta las labores agrotécnicas en su realización correcta</p>	<p>1-CITMA Municipal. 2- Especialistas del MINAZ y MINAGRI.</p>	<p>Octubre/2010. ABRIL 2010</p>
<p>5- En las diferentes empresas no existe una estrategia concreta dirigida a la protección y conservación del recurso suelo.</p>	<p>1- Impartir una conferencia a los directivos de las entidades involucradas basada en los resultados del diagnóstico realizado. 2- Elaborar la estrategia del CITMA en función de los problemas encontrados.</p>	<p>1- CITMA Municipal 2- CITMA Municipal.</p>	<p>1- Marzo/2010. 2- Nov/2010.</p>

	3- Elaborar las diferentes estrategias de cada entidad en función del diagnóstico particular y como derivación de la estrategia del CITMA.	3- Directivos de las entidades involucradas.	3- Dic/2010.
6- No aplicación de medidas de conservación de suelos.	<p>1- Capacitar a los dirigentes de las diferentes entidades en torno a las Medidas de conservación de los suelos que pueden aplicarse a cada problema.</p> <p>2- Capacitar técnicamente al personal encargado de su aplicación.</p> <p>3- Establecer un sistema de supervisión para valorar la calidad con que se aplican estas medidas.</p>	<p>1-CITMA Municipal. -Laboratorio Provincial de Suelos.</p> <p>2-Especialistas MINAZ y MINAGRI.</p> <p>3-CITMA Municipal.</p>	<p>1- Octubre /2010.</p> <p>2- Octubre/2010.</p> <p>3- Octubre/2010.</p>

3.3 Posibles soluciones al problema del suelo

Las posibles soluciones al problema del suelo se reflejan en la siguiente tabla.

Tabla No. 11. Posibles soluciones a los problemas del suelo.

Factor limitante/ Problema ambiental	Efecto	Consecuencias	Medidas
Compactación	Atrofia del sistema radical, disminución del volumen total, aplastamiento y concentración de las raíces en la superficie, disminución de la porosidad de aireación.	Limitaciones de la capacidad de absorción de nutrientes	<ul style="list-style-type: none"> - Laboreo del suelo en condiciones de humedad adecuadas. - Introducir prácticas de laboreo mínimo. - Evitar las cosechas mecanizadas en suelos con exceso de humedad. - Incluir la subsoladura en la preparación de tierras o empleo de implementos verticales. - Aplicar mejoradores orgánicos. - En los suelos de arcilla dilatante debe mantenerse un estado de humedad óptimo preferentemente durante la brotación. - Rotación de Cultivos.

Erosión	Empobrecimiento de los suelos, disminución de la capacidad de retención de humedad.	Deficiencias nutrimentales.	<ul style="list-style-type: none"> - Correcta orientación de los surcos, siembra en contorno. - Evitar que las aguas externas de escorrentía lleguen a las zonas de cultivos o disminuir su velocidad. - Aplicar la siembra en contorno. - Mejorar la cubierta. - Mejorar porcentajes altos de población. - Dejar los residuos de cosecha en el campo, no solo por los efectos conocidos en el control de la maleza y la preservación de la humedad del suelo, sino por la efectiva protección que le brinda ante el impacto de la lluvia y el

			<p>favorecimiento al desarrollo de la pedofauna.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Practicar el cultivo intercalado. - Aplicar mejoradores orgánicos con el fin de favorecer una estructura y drenaje - Aplicar tecnologías de laboreo mínimo.
Pedegrosidad	Disminución del volumen de suelo a explorar por las raíces, dificultad en la mecanización.	Limitaciones de la capacidad de absorción de nutrimentos, roturas de implementos.	- Recogidas de piedras en casos muy especiales.
Salinidad y sodicidad	Estrés hidrosalino, empeoramiento de las propiedades físicas del suelo (Na), elevación del pH (reacción del suelo)	Deterioro general de la plantación, toxicidad.	- Mantener un buen régimen hidrosalino, riego con aguas de buena calidad.
Exceso de carbonatos	Disminución de la absorción del hierro, problemas en la distribución en la planta,	Clorosis férrica y otras posibles deficiencias de Mg^{2+}	- Preparación de tierras profundas, construcción de drenaje, parcelario profundo, dosis de

	desfavorables relaciones internutrientes.		riego superficial de 15 – 20%.
Profundidad efectiva	Disminución del volumen de suelo a explorar por las raíces, atrofia del sistema radical.	Deficiencia Nutricionales	<ul style="list-style-type: none"> - Realizar la preparación y el cultivo en relación con la profundidad. - Aplicar el riego con láminas pequeñas, por aspersión y localizado. - Siembra en canteros. - Realizar el trazado perpendicular a la pendiente.
Hidromorfia/Drenaje deficiente.	Deficiencia de oxígeno, procesos reductores, solubilización de elementos tóxicos.	Muerte de las raíces y pérdidas de nitrógeno por volatilización.	<ul style="list-style-type: none"> - Drenaje parcelario superficial y nivelación.
Gleyzación	Pérdida de las cualidades físico - químicas del suelo.	Fitotoxicidad, bajo rendimiento.	<ul style="list-style-type: none"> - Drenaje parcelario y evitar humedad excesiva.
Contaminación.	Alteración de las propiedades químicas del suelo, acumulación de residuos tóxicos.	Fitotoxicidad, pérdida de diversidad, muerte de las plantas.	Eliminación de las fuentes contaminantes, establecer cultivos tolerantes, enmiendas

El coeficiente de argumentación del experto Ka es el coeficiente de argumentación que trata de estimar, a partir del análisis del propio experto, el grado de fundamentación de sus criterios. Para determinar este coeficiente se le pide al experto que indique el grado de influencia (alto, medio y bajo) que tiene en sus criterios cada una de las fuentes reflejadas en la Tabla No. 12.

Tabla No. 12. Coeficiente de argumentación de los expertos.

No	Fuentes de argumentación	Grado de influencia		
		Alto	Medio	Bajo
1	Experiencia en su actividad en la temática ambiental, vinculada a los suelos.	0,3	0,2	0,1
2	Conocimiento del estado actual de los Problemas Ambientales Globales y las causas que los originan.	0,5	0,4	0,2
3	Conocimiento de los problemas ambientales que afectan los suelos.	0,05	0,04	0,03
4	Conocimiento de la situación actual que tienen los suelos de Cuba y el territorio en cuanto a sus problemas ambientales	0,05	0,04	0,03
5	Participación en actividades investigativas o experiencias de avanzada relacionadas con el tema.	0,05	0,04	0,03

Después de analizada la encuesta a los posibles expertos se determinó el coeficiente de argumentación (ka) de cada uno de ellos, los resultados se reflejan en la Tabla No. 13.

Tabla No. 13. Coeficiente de argumentación de los expertos seleccionados.

Fuentes/Coeficiente de Argumentación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
2	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
3	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
4	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
5	0,02	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,02	0,05	0,02	0,02

(Ka)	0.92	0.94	0.95	0.94	0.95	0.94	0.92	0.95	0.92	0.92
------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

$$K = \frac{Kc + Ka}{2}$$

Aplicando la fórmula $K = \frac{Kc + Ka}{2}$ obtenemos el coeficiente de cada uno de los expertos como se muestra en la Tabla No. 14.

Tabla No. 14.

Expertos	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Kc	0,92	0,97	0,98	0,97	0,98	0,92	0,92	0,98	0,92	0,92

De esta forma resulta para el coeficiente de competencia un valor comprendido entre 0,25 (mínimo posible) y 1 (máximo posible), de acuerdo a ello se estimó la siguiente escala:

Cuando el valor de K está comprendido entre:

0 – 0,25 Mal

0.25 – 0,50 Regular

0.51 – 0,75 Bien

0.76 – 1,00 Muy Bien

De acuerdo a esta escala todos los expertos se evalúan de muy bien, al estar todos por encima de 0,76 y muy próximos a 1.

Valoración de los expertos sobre la propuesta

Para indagar en los criterios valorativos de los expertos acerca de la propuesta se aplicó una encuesta (Ver Anexo No. 5) con los siguientes resultados:

El 100% de los expertos valoran el plan de medidas propuesto como viable y entre los argumentos plantean de manera general que resuelve un problema importante, que está bien estructurado, que identifica muy bien las causas de los problemas, y porque implica a los responsables directos de los problemas en la solución. En cuanto a la relevancia el 100% se pronuncia a favor de la propuesta y los argumentos más generalizados se refieren a que es una vía para resolver problemas urgentes que comprometen el futuro, y que es muy abarcadora.

Los expertos consultados plantean las siguientes recomendaciones al plan de medidas:

- 1- Que se lleve a las diferentes empresas para que lo conozcan.
- 2- Que se apliquen y se controlen las medidas propuestas.
- 3- Que se divulgue a nivel nacional.

Conclusiones

1- El análisis bibliográfico realizado permite aseverar que los problemas ambientales y los factores limitantes afectan la capacidad productiva de los suelos, siendo aceleradas por la acción nociva del hombre sobre el mismo, según el consenso de los autores consultados.

2- De acuerdo al diagnóstico y la caracterización realizados se constató que los problemas que más afectan los suelos en Encrucijada son la contaminación, la salinidad, la erosión y los factores limitantes, los que tienen un efecto negativo sobre la productividad y la conservación de los mismos.

3- A partir de los resultados obtenidos en el estudio de caso del municipio de Encrucijada, se elaboró un plan de medidas dirigido a contribuir a la solución de las principales barreras que dificultan el cuidado y conservación del suelo en el territorio, en el que fueron involucrados los principales responsables de las entidades vinculadas al uso de este recurso.

4- Los expertos consultados valoran, de manera general, que la propuesta del plan de medidas es viable y relevante, porque aborda un problema importante, está bien estructurado e involucra a los responsables directos, recomendando su aplicación, validación y control.

Recomendaciones

- 1- Comunicar los resultados de esta investigación a los principales agentes involucrados en la solución de los problemas encontrados.
- 2- Aplicar el Plan de medidas propuesto según los plazos previstos para las mismas y los responsables de su aplicación.
- 3- Realizar estudios similares con el resto de los recursos naturales del municipio, que permitan una atención más integral al ambiente de Encrucijada.

Bibliografía

1. Contaminación del suelo. [Citado 19 de junio de 2008]. Disponible en [http://www.es.wikipedia.org/wiki/Contaminación del suelo](http://www.es.wikipedia.org/wiki/Contaminación_del_suelo)"
2. "Contaminación del suelo". [Citado 19 de febrero de 2009]. Disponible en [http://www. Wikipedia.org](http://www.Wikipedia.org).2008.
3. "Suelo". [Citado 15 de mayo de 2008]. Disponible en <http://club.telepolis.com/geografo/biogeografia/suelo.htm>.
4. "Suelos". [Citado 15 de mayo de 2008]. Disponible en [http://www. Fortunecity.com](http://www.Fortunecity.com).
5. "Suelos". [Citado 19 de junio de 2008]. Disponible en <http://www.astromia.com/tierraluna/suelos.htm>.
6. Alonso C .*Compendio de suelos*. Edición Revolucionaria, La Habana; 1974.
7. Ascanio O, Riverol M, Pérez Jiménez. JM. *Antecedentes históricos de la erosión como fenómeno de empobrecimiento de los suelos cubanos*. Instituto de Suelos. La Habana: ACC; 1983.
8. Balmaseda C, Ponce De León D. *Evaluación de la Aptitud de las Tierras dedicadas al cultivo de la Caña de Azúcar*. Manual de Procedimientos. INICA. La Habana; 2000.
9. Beek K. *Land evaluation for agricultural development*. ILRI Publication 23, Wageningen, 1978: ILRI. 333 pp.
10. Bonneau M, Levy G. *Ensamblaje y organización física de las partículas*. En *Edafología*. Ed. Masson. New York; 1987.
11. Borges H, Claude Q. *Drenajes Agrícolas para ingenieros*. Edición Revolucionaria. La Habana; 1966.
12. Boul S, McCracken J. *Génesis y clasificación de suelos*. Ed. Trillas. México; 1991.
13. Bowen E, Bernard A, Kratky A. *Compactación del suelo. Causas, efectos y como reducir los daños*. *Revista agrícola (AMER)* 1985; 34 (6): 10- 14.
14. Bravo M. "El Suelo" [Citado 11 de enero de 2008]; 46 (26). Disponible en: <http://www.monografías.com>.

15. Cabrera R. *Fundamentos de las medidas para el mejoramiento y recuperación de los suelos salinos dedicados a caña de azúcar del valle de Guantánamo*. [Tesis Doctoral]. Ciudad Habana; 1992.
16. Cairo P, Fundora O. *Edafología*. Editorial Pueblo y Educación. La Habana: 2^{da} Edición; 1995.
17. Cairo P, Fundora O. *Edafología*. Editorial Félix Varela, La Habana; 2007.
18. Cairo P, Quintero G. *Suelos*. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de la Habana; 1980.
19. Cairo P. *Caracterización de los suelos de la Estación Experimental "Jesús Menéndez" de la costa norte de Villa Clara*. *Revista Agrícola de la Facultad de Ciencias Agropecuarias (UCLV)* 1983; 26 (4): 6-9.
20. Cairo P. *Caracterización y mejoramiento de los suelos pesados y su relación con el cultivo de la caña*. Monografía, (UCLV) 1990; 104 p.
21. Camacho E, Paulín JR. *Estado actual de la salinidad en la región de la provincia La Habana, entre Guanajay y San Nicolás de Bari*. *Revista Agrinfor (La Habana)* 2001; 120(12): 75 – 88.
22. Campistruous Pérez L, Rizo Cabrera C. "Indicadores e investigación educativa". La Habana; 1998.
23. Casanova O. *Introducción a la ciencia del suelo*. Consejo de desarrollo científico y humanístico. Universidad Central de Venezuela, Caracas; 1994: 375 pp.
24. Cubrer P, García R. *Suelos Agrícolas cubanos*. Editorial Ciencia y Técnica. La Habana; 1968.
25. *Curso Derecho y Medio Ambiente*. Suplemento Especial. Universidad para todos. Editorial Academia, 2006; 31pp.
26. *Curso Protección Ambiental y Producción + limpia*. Suplemento Especial. Editorial Academia, 2006; 28 pp.
27. *Curso uso sostenible de los suelos en Cuba*. Suplemento Especial. Universidad para todos. Editorial Académico, 2010; 21 pp.
28. Dumanski J. *Strategies and opportunities for soil survey information and research*. Ed. Longman. New York; 1993.
29. Erosión hídrica. [Citado 19 de febrero de 2009]. Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Erosi%C3%B3n_h%C3%ADdrica.

30. FAO. Directivas: *Evaluación de Tierras para la agricultura de secano*. *Boletín de Suelos de la FAO*, 1985; 52. Roma. 228 pp.
31. Finney JB. *La mecanización y la estructura del suelo*. *Revista Agricultura (La Habana)* 1971; 780 (92): 397 – 400.
32. Fitz Patrick A. *Properties of soil horizons*. Ed. Longman. New York; 1995.
33. Florez Prieto M. “*Problemas ambientales de Cuba y su repercusión en la salud del hombre*”. *Revista medicina de la Facultad de Ciencias Médicas Comandante “Manuel Fajardo” Policlínico Universitario Vedado*; 2008.
34. Fogloata A. *Agronomía de la caña de azúcar*. Ed. Tucumán. Argentina; 1995.
35. Forman E. *Suelos y fertilizantes*. Instituto del Libro. La Habana; 1967.
36. Fuentes A. *Indicaciones prácticas de Conservación de suelos para los agricultores*. Ministerio de la Agricultura. *Revista Agrinfor (La Habana)* 2004; 76(4):20-24.
37. Fuentes A. *Manual técnico de estabilización y forestación de cárcavas en cuencas hidrográficas*. Ministerio de la Agricultura. *Revista Agrinfor (La Habana)* 2001; 43(3):14-20.
38. Fuentes A. *Suelo, uso, conservación y mejoramiento*. Ministerio de la Agricultura. *Revista Agrinfor (La Habana)* 1985; 49(3):14-20.
39. Fuentes Soto A, Martínez F, Cancio García R. *Conservación, Mejoramiento y Fertilización de Suelos*. Ministerio de la Agricultura. *Revista Agrinfor (La Habana)* 2004; 120(3):14-20.
40. Fundora O, Pérez I. *Caracterización de los suelos de la costa norte de Villa Clara dedicados a la caña de azúcar*. [Trabajo de Diploma]. UCLV; 1987.
41. Guerasomov I. *Tres direcciones científicas en el desarrollo de la clasificación de suelos y sus relaciones recíprocas* En: *Problemas teóricos de la clasificación de suelos*. Antología. Editorial Academia; 1984. 135 pp. 1-17.
42. Gutiérrez A. *Perfeccionamiento del riego superficial de la caña de azúcar con criterios de sostenibilidad en suelos arcillosos pesados*. [Tesis de Maestría]. UCLV; 2000.
43. Hernández A. *Clasificación genética de los suelos de Cuba*. *Revista Agricultura (La Habana)* 1975; 175 (23): 46-69.

44. Herrera L, Ortega F, Sánchez Arce D, Ordóñez Matos I. *Pronóstico de salinización y el lavado natural en los suelos del sureste del valle de Guantánamo*. Revista Ciencias Agrícolas (La Habana) 2005; 190 (10):83-93.
45. Herrera LM, Driaty V. *Características de los suelos salinos de un área del valle de Guantánamo*. Revista Agro ciencia La Habana) 1983; 150(12):97-109.
46. Ibáñez JJ. *“Tipos de suelos salinos”*. [Citado 17 de junio de 2008]. Disponible en <http://www.weblogs.com>.
47. INICA. *Estudio de suelos y evaluación de sus factores limitantes en las UBPC de referencia*, La Habana. 1994.
48. INICA. PREAGRO24. *Programa para la preparación de datos de entrada al AGRO24*. Grupo de Evaluación de Tierras, 2000.
49. Instituto de Suelos. *Diagnóstico y clasificación de los suelos salinos y salinizados*. [Informe final]. La Habana; 1985: 19pp.
50. Instituto de Suelos. *Géneros y clasificación de los suelos de Cuba* .La Habana: Academia de Ciencias de Cuba; 1973: 315pp.
51. Instituto de Suelos. *Segunda Clasificación Genética de los suelos de Cuba*. Revista Agro Ciencia (La Habana) 1975; 80(4): 47-69.
52. Los suelos. [Citado 3 de junio de 2009]. Disponible en <http://www.santacruz.gov.ar/recursos/erosion/suelos.htm>
53. Loves M, Thomson P. *El suelo y su fertilidad*. Edición revolucionaria. La Habana. ; 1967.
54. Mela Mela P. *Edafología y sus distantes aplicaciones*. La Habana. Edición Revolucionaria; 1966.
55. Mesa L, Mesa A. *Agro24. Sistema para el cálculo del potencial productivo de los suelos*. Revista Agrosoft (MINAZ) 1993; 60 (2): 15-20.
56. Michelena R. *“Cómo Controlar la Erosión Hídrica para que no destruya los Suelos”*. [Citado 19 de junio de 2008]. Disponible en <http://www.Elsitioagricola.com>.
57. MINAZ. *Informe sobre los factores limitantes de los suelos cañeros*. CAI “Perucho Figueredo”, 1982.

58. MINAZ. *Informe sobre los factores limitantes de los suelos cañeros*. CAI Abel Santamaría; 1982.
59. MINAZ. *Informe sobre los factores limitantes de los suelos cañeros*. CAI Emilio Córdova; 1982.
60. Norma cubana NC 31: 1999. Oficina Nacional de Normalización. La Habana. 1999.
61. Páez San Martín F. *El suelo, su historia*. 2003. [Citado 7 de julio de 2009]. Disponible en <http://www.agrofarm.org>.
62. Pastor Morales J. *Suelos y Agroquímica*. Editorial Pueblo y educación. Ciudad de la Habana; 2001
63. Ponce Hernández R. *Zonificación Ecológica – Económica: Una Propuesta Metodológica para la Amazona*. *Revista económica* 65. (Caracas) Venezuela; 1998:272 pp.
64. Quintero E, Alonso A. *Ecología Agrícola*. Editorial Félix Varela. La Habana, 2007.
65. Salvador Amador F. *La Contaminación del Suelo, Ecología y Medio Ambiente*. 2008. [Citado 3 de junio de 2009]. Disponible en www.monografias.com.
66. Souchier B. *Constituyentes y Propiedades del suelo*. Ed. Masson. New York; 1987.
67. Suárez De Castro F. *Conservación de suelos*. Edición Revolucionaria. La Habana; 1965.
68. Yací A, Kjellstrom T. *Salud Ambiental*, 2002. [Citado 21 de marzo de 2010]. Disponible en www.monografias.com.
69. Zamora R, Lisandro B. *Contaminación de los suelos* 2006. [Citado 9 de octubre de 2009]. Disponible en www.monografias.com.

Anexo 1: Encuesta a directivos municipales del Partido y el Gobierno

Como parte de nuestra investigación dirigida al estudio de caso del recurso suelo en el municipio Encrucijada necesitamos que nos responda de manera sincera las siguientes interrogantes:

1. ¿Cuáles de los siguientes problemas ambientales afectan hoy al municipio de Encrucijada según su criterio. Marque con una x tantas veces lo estime conveniente.

____ Pérdida de cobertura forestal.

____ Erosión de los suelos.

____ Salinidad de los suelos.

____ Contaminación de los suelos.

____ Pérdida de la diversidad biológica.

____ Otros. ¿Cuáles?

2. ¿Cómo valora el proceso de degradación de los suelos del municipio?

- Marque con una x la opción correcta y exprese por qué.

____ Alto

____ Medio

____ Bajo

3. ¿Conoce Ud. si existe en el municipio alguna estrategia para dar solución a esos problemas?

____ Si

____ No

____ No sé

4. Mencione algunas medidas que pudieran tomarse para **revertir** la degradación de los suelos del municipio.

Anexo 2: Encuesta a Directivos de las entidades productivas.

1. ¿Cuáles son los principales problemas ambientales que afectan a los suelos de su entidad? Marque con una X.

____ Salinización.

____ Contaminación.

____ Erosión.

____ Mal drenaje.

____ Poca profundidad efectiva.

____ Compactación.

____ Exceso de carbonatos.

____ Gleyzación.

____ Baja fertilidad.

____ Pedregosidad.

____ Otros ¿Cuáles?

2. ¿Cuáles son a su juicio las causas de estos problemas?

3. ¿Considera usted que estos problemas pueden atenuarse?

____ Sí ____ No

¿Por qué?

4. ¿Existe en su entidad alguna estrategia para revestir o atenuar estos problemas?

____ Sí ____ No ____ No sé.

5. Sugiera algunas medidas que pudieran tomarse para revertir la situación que presentan los suelos del municipio.

Anexo 3: Entrevista a Productores.

- 1- ¿En qué estado de conservación se encuentran los suelos en que usted labora? Explique.
- 2- ¿Cuáles son los problemas que tienen estos suelos?
- 3- ¿Qué medidas usted aplica para proteger el suelo?
- 4- ¿Cuáles son las prácticas agrícolas que en su opinión pueden afectar a los suelos? ¿Por qué?

Guía de observación

Aspectos a Observar:

1- Existencia de problemas ambientales en el área.

- ___ Salinización.
- ___ Contaminación.
- ___ Erosión.
- ___ Mal drenaje.
- ___ Poca profundidad efectiva.
- ___ Compactación.
- ___ Exceso de carbonatos.
- ___ Gleyzación.
- ___ Baja fertilidad.
- ___ Pedregosidad.
- ___ Otros.

2- Realización de prácticas agrícolas nocivas al suelo.

Se observa ----- no se observa -----.

¿Cuáles?-----

1- Se ejecutan medidas de conservación de suelos.

Se observa ----- No se observa -----

¿Cuáles?-----

5- La agrotecnia se aplica:

- Correctamente -----
- Incorrectamente -----

Anexo 4: Datos de los expertos consultados.

Nombres y Apellidos	Título académico	Institución donde labora	Cargo que desempeña	Años de experiencia
Ana Isabel Talavera Pérez	Ingeniera agrónoma	Delegación Municipal de la Agricultura en Encrucijada.	Especialista de suelos	24
M.Sc. Ulises León Valdez	Ingeniero agrónomo	Empresa Porcina Municipal de Encrucijada	Jefe de Alimentadores Porcinos	40
Ada Crespo Rodríguez	Ingeniera agrónoma	Empresa Azucarera "Abel Santamaría"	Especialista de Suelos y Fertilizantes	25
Arnaldo Leiva Suárez	Ingeniero agrónomo	Sede Universitaria "Abel Santamaría". Encrucijada.	Jefe de Carrera.	10
Yoel Machado Muro	Licenciado en Ciencias Agropecuarias	UCP Félix Varela.	Jefe de Departamento de Agronomía.	11
M.Sc. Ahmed Chacón Iznaga	Ingeniero agrónomo	UCLV Marta Abreu.	Profesor Asistente de la disciplina Producción Agrícola.	10
MSc. Humberto Pérez Pérez	Ingeniero agrónomo	EIPH Villa Clara.	Especialista de Suelos.	24
Dr. Flavio del Toro Martínez	Ingeniero agrónomo	UCLV Marta Abreu.	Profesor Consultante de Ciencias Agropecuarias.	30
Dr. Miguel Angel Santana Orozco	Ingeniero agrónomo	UCLV Marta Abreu.	Decano de la facultad de Ciencias Agropecuarias.	25
Dra. Xiomara Cabrera Bermúdez	Ingeniera química	UCLV Marta Abreu.	Profesora Titular de la Facultad de Química y Farmacia.	25

Anexo 5: Guía de observación

Objetivo: Realizar un estudio sobre el recurso suelo del municipio de Encrucijada que permita la aplicación de un plan de medidas que contribuya a la solución de las principales barreras que frenan la conservación y el uso más sostenible del mismo.

Aspectos a observar

¿Se observan manifestaciones de problemas ambientales en el suelo?

___ Se observan.

___ No se observan.

¿Cuál? o ¿Cuáles?

¿Se observan factores limitantes?

___ Se observan.

___ No se observan.

¿Se realizan adecuadamente las labores agrícolas?

___ Sí ___ No ___ No siempre

¿Se aplican medidas de conservación de suelos?

___ Sí ___ No ___ No siempre

Anexo 6: Encuesta a Expertos.

Informe sobre el posible Experto:

Nombre:

Cargo que desempeña:

Sexo:

Institución donde labora:

Edad:

Años de experiencia:

Nivel de Educación:

1- Marque con una cruz en la tabla siguiente, la casilla que refleja su nivel de conocimiento acerca del problema que se aborda en la propuesta.

- Considere que la escala que se presenta es descendente, es decir el número 10 corresponde al mayor nivel, 9 al siguiente y así sucesivamente hasta el número 0 que corresponde al menor nivel de conocimiento.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2- Realice una autoevaluación del grado de influencia de cada una de las fuentes que se presentan a continuación que le permitan evaluar la propuesta. Para ello marque con una cruz según corresponda en A (alto), M (medio), B (bajo).

Coefficiente de argumentación del Experto.

No	Fuentes de Argumentación	Grado de influencia		
		Alto	Medio	Bajo
1	Experiencia en su actividad en la temática ambiental, vinculada a los suelos.			
2	Conocimiento del estado actual de los problemas ambientales globales y las causas que los originan.			
3	Conocimiento de los problemas ambientales que afectan los suelos.			

4	Conocimiento de la situación actual que tienen los suelos de Cuba y el territorio en cuanto a sus problemas ambientales.			
5	Participación en actividades investigativas o experiencias de avanzada relacionadas con el tema.			

3- Acerca de la propuesta valore a su criterio, su viabilidad y relevancia.

Viable: Sí _____ No _____ ¿Por qué?

Relevante: Sí _____ No _____ ¿Por qué?

4- Recomendaciones generales: