



Facultad de Ciencias Agropecuarias

**UNIVERSIDAD CARLOS RAFAEL RODRÍGUEZ
CIENFUEGOS.**

Trabajo de Diploma en opción al título de Ingeniero Agrónomo.

**Título: EVALUACIÓN DEL IMPACTO DE LA
ANTROPOGÉNIA COMBINADA CON PROCESOS
CÁRSICOS EN LOS SUELOS AGRÍCOLAS SOBRE ROCAS
CARBONATADAS EN LA CCS “NICETO PÉREZ”. DEL
MUNICIPIO ABREUS, CIENFUEGOS.**

Autor: Luis Armando Zamora González

Tutor: Armando Lucas Espinosa Gutiérrez

Curso 2011-2012

AGRADECIMIENTOS

Mis agradecimientos sinceros a mi familia, que soportó a lo largo de estos años mi parcial abandono, a las personas que de manera manifiesta me ayudaron a llegar a la meta, a los que anónimamente aportaron esfuerzo y sacrificio en mi favor

DEDICATORIA

A chiqui, donde esté, porque siempre tuvo la convicción de que yo podía....

A mi viejo, con el que tengo la deuda póstuma de estudiar siempre.

A mami, que siempre se alegra aparatosamente con los triunfos de su prole.

Resumen

La evaluación del impacto de la antropogenia combinada con los procesos cárnicos en los suelos agrícolas, se desarrolló en la CCS "Niceto Pérez" del municipio de Abreus, siguiendo como diseño metodológico de investigación un procedimiento de trabajo para la caracterización de los suelos de dicha cooperativa, sustentados sobre rocas carbonatadas con marcado desarrollo de la actividad cársica. Esta evaluación se desarrolló aplicando métodos y técnicas como; revisión documental, entrevistas, sondeos de perforación, métodos geofísicos para determinar el comportamiento topográfico del lecho rocoso, dentro de los métodos geofísicos se emplearon Sondeo Eléctrico Vertical y Sísmica de Refracción, ambos para medir la variabilidad entre el suelo y la roca. En el área estudiada se perforaron 170 calas con profundidades entre 2.20 y 7.60 m para confeccionar el perfil geológico y conocer sobre el desarrollo cársico, se ejecutaron calicatas de apoyo con profundidades entre 0.40 y 3.00m para describir el corte litológico. Se siguieron transectos para la comprensión espacial de los afloramientos rocosos, su distribución, sus afectaciones cárnicas y conocer los impactos antropogénicos en el área. La información captada se procesó estadísticamente. Como principal resultado se obtuvo que las evaluaciones para medir el impacto de la antropogenia sobre los suelos sustentados sobre rocas carbonatadas, permitió un método para verificar las pérdidas de suelo provocadas por la erosión cársica, combinadas con la actividad antropogénica en la CCS de referencia. La conclusión fundamental del trabajo de diploma es que evidentemente los suelos de esta cooperativa se están perdiendo producto a la erosión vinculada con la antropogénica y a los procesos cárnicos.

Palabras claves: Antropogenia, erosión, infiltración, suelos, carso.

Abstract

The evaluation of the impact of the anthropogenic combined with the karsic processes in the agricultural soils, was developed in the CCS Niceto Pérez of the municipality of Abreus, continuing like methodological design of investigation a work procedure for the characterization of the soils of this cooperative, sustained on carbonated rocks with marked development of the karsic activity. This evaluation was developed applying methods and technical as; documental revision, interviews, perforation polls, geophysical methods to determine the topographical behavior of the rocky channel, inside the geophysical methods were used Vertical and Seismic Electric Poll of Refraction, both to measure the variability between the soil and the rock. In the studied area 170 creeks were perforated with depths between 2.20 and 7.60 m to make the geologic profile and to know on the karsic development, support calicates was executed with depths entre 0.40 and 3.00m to describe the lithological cut. Transects was continued for the space understanding of the rocky blooming, its distribution, its karsic affectations and to know the anthropogenic impacts into the area. The captured information was processed statistically. As main result it was obtained that the evaluations to measure the impact of the anthropogenic on the soils sustained on carbonated rocks, it allowed a method to verify the soil losses caused by the karsic erosion, combined with the activity anthropogenic in the reference CCS. The fundamental conclusion of the diploma work is that evidently the soils of this cooperative are getting lost product to the erosion linked with the anthropogenic and to karsic processes.

Key words: anthropogenic, erosion, infiltration, soil, karst.

Índice

Introducción.....	2
1. Referencias bibliográficas.....	6
1.1.1 Causas de la erosión	6
1.1 El régimen climático	7
1.2 La constitución geológica.....	7
1.3 Efectos de la naturaleza y propiedades del suelo.....	8
1.4 Efectos de la antropogenia en los suelos	9
1.2.1 Actividades socio-económicas.....	9
2. Materiales y métodos	11
2.1 Diseño metodológico de la investigación	11
2.1.1 Caracterización de los suelos agrícolas de la CCS “Niceto Pérez” sustentados sobre rocas carbonatadas.....	11
2.1.2. Identificación de las áreas agrícolas de la CCS ‘Niceto Pérez” de Abreus donde se evidencian efectos de pérdidas de suelo por procesos cársicos	11
2.1.3 Evaluación de la Antropogenia.	14
3. Resultados y discusión	15
3.1 Resultado de la caracterización de los suelos de la CCS”NICETO Pérez”	15
3.1.2 Resultados de identificación de las áreas con mayor desarrollo cársico.	17
3.1.3. Definición de los indicadores de impacto antropogénico	21
Conclusiones	23
Recomendaciones	24
Bibliografía.....	25
Anexos.	29

Introducción.

Uno de los retos más importantes a que se enfrenta la humanidad actualmente, es la degradación del medio ambiente en general y concretamente la degradación de los suelos cultivados.

A pesar de que los suelos representan una minúscula fracción de los materiales que constituyen la Tierra, son un componente esencial del medio ambiente en el que se desarrolla la vida, un recurso vital y en gran parte no renovable, que está sometido a una presión en aumento (Vega, 2006). El suelo es y seguirá siendo en un futuro previsible la base de la producción alimentaria según reportes de la FAO-PNUMA, citado por Vega (2006), se calcula que la población del planeta se duplicará hacia el año 2015, por lo que no hay dudas acerca de que la demanda de tierra va a ser mucho mayor; ello conlleva a que para garantizar la necesidad creciente de alimentos y de materia prima, sea necesario la conservación del recurso suelo.

Sin embargo, investigaciones realizadas en el marco del proyecto internacional GLASOD (1991), pusieron de manifiesto el grave estado de degradación en que se encuentran actualmente los suelos en todo el mundo, destacándose a la erosión como el proceso que afecta al mayor número de hectáreas, lo que representa el 83,6% de toda la degradación (1 642 millones de hectáreas). Dentro de este proceso, la erosión hídrica es el fenómeno más importante, provocando afectaciones en las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos y como consecuencia reduce la productividad de los mismos (Lobo, 2005). En ocasiones la erosión provoca además, efectos indirectos como los riesgos crecientes de inundaciones, sedimentaciones, deslizamientos de tierra, etc., con características a veces catastróficas, así como contribuye a la disminución de la biodiversidad, deterioro del suministro de agua en cantidad y calidad, y efectos en cambios climáticos globales y sus consecuencias (FAO/ ISRIC/PNUMA, 1996; Lal, 2000).

Cuba no es ajena a esta problemática mundial. de los 6,6 millones de hectáreas que conforman la superficie agrícola del país, están cultivadas el 3,6 % y de ellas, el 70% está afectada por procesos de degradación, reconociéndose a la erosión, (evaluada de fuerte a media), como uno de los factores limitantes de mayor relevancia, pues está presente en un 43.3% del área agrícola, lo cual se traduce en que 2,9 millones de hectáreas están afectadas por este proceso (Instituto de Suelos, 2001; Cárdenas, 2006).

En este contexto, según explica Vega, (2006), a pesar de que el 65 % de la superficie del territorio está carsificada (Núñez, 1988; Gutiérrez, 1997 y Molerio, 2004) y que los ambientes que se desarrollan en ella poseen singularidad geomorfológica, climática y biogeográfica (Bullón, 2004) a lo cual se adiciona el hecho de estar caracterizados por una modalidad específica de la erosión denominada cársico- erosiva, no existe un consenso respecto a este último criterio; además el grado de carsificación de un territorio no es considerado como un factor a tener en cuenta al evaluar la erosión, a pesar de que las investigaciones de Febles

(1988), Gounou y Febles (1997), Febles (2005), Vega y Febles (2006), lo han demostrado.

Como consecuencia, en los suelos del tipo Ferralíticos Rojos, que constituyen el agrupamiento más extendido en esos geosistemas y en los cuales se desarrolla una intensa actividad agropecuaria, no se reconoce totalmente la existencia y avance de la morfogénesis cársica y su influencia en la erosión de los suelos. Ello ha dado lugar a diferentes interpretaciones del proceso erosivo que se desarrolla en esta cobertura edáfica, al aplicarse en las regiones cársicas de Cuba, los mismos métodos, medios y escalas de representación, que frecuentemente se seleccionan para el resto de los agrupamientos de suelos.

En cuanto a los métodos utilizado para caracterizar la erosión de los suelos a nivel mundial, ellos han tenido un gran desarrollo ya que al ser la erosión del suelo una amenaza para la agricultura sustentable (Le Bissonnais, 2002 y Stroosnijder, 2005), la evaluación y cartografía del mismo se ha convertido en una necesidad creciente. En la literatura especializada se reporta la existencia de una amplia variedad de metodologías, basadas en observaciones directas de campo, en la evaluación de factores que influyen en la erosión o en la modelación (Gobin, 2003), pero ninguna considera la intensidad de carsificación como un índice diagnóstico para evaluar el grado de erosión que afecta a un territorio. Para la aplicación de muchos de estos métodos, el empleo de los Sistemas de Información Geográfica (SIGs), como herramienta de análisis espacial resulta indispensable ya que además de facilitar la evaluación de la erosión y su representación cartográfica, sustentan la toma de decisiones con vistas a la reducir o eliminar riesgos de degradación ambiental y apoyan el monitoreo de los procesos.

En Cuba, el método geográfico-comparativo ha sido el más empleado en los estudios de erosión utilizando en calidad de patrones, perfiles típicos de cada agrupamiento y sólo en años recientes se han incorporado a las investigaciones, los modelos de erosión, fundamentalmente la USLE (Vallejo, 2000; Reyes, 2004) y más recientemente Ruiz (2006) con el empleo de la RUSLE en la cuenca del río Cuyaguatzeje; así como la cartografía temática de factores en ambiente SIG, sin utilizar un método específico (Díaz, 2001; Cabrera, 2002; Díaz, 2005) entre otros. Es de significar que en ninguna de estas investigaciones se toma en consideración el desarrollo de la morfogénesis cársica como índice diagnóstico para evaluar la erosión. De lo anteriormente referido se analizaron los elementos tomados en consideración como antecedentes de investigación y se identificó que no existe en la provincia de Cienfuegos una evaluación encaminada a demostrar que el incremento de la actividad antropogénica de las labores agrícolas sobre suelos sustentados en rocas carbonatadas, acentúen las pérdidas de suelos provocadas por procesos cársicos, por lo cual se identificó como problema científico del presente trabajo:

¿Cómo evaluar el impacto de la antropogenia combinada con procesos cársicos en los suelos agrícolas sobre rocas carbonatadas de la CCS Niceto Pérez de Abreus?

El **objetivo general** del trabajo es: evaluar el impacto de la antropogénesis sobre los suelos agrícolas sustentados sobre rocas carbonatadas de la CCS “Niceto Pérez” de Abreus, donde ocurren pérdidas provocadas por procesos cársicos.

Hipótesis

Si se realizan evaluaciones para medir el impacto de la antropogenia sobre suelos agrícolas sustentados sobre rocas carbonatadas, se podrá demostrar las pérdidas de suelo ocasionadas por procesos cársicos en la CCS “Niceto Pérez”

Objetivos específicos

1. Caracterizar la situación de los suelos agrícolas de la CCS “Niceto Pérez” de Abreus sustentados sobre rocas carbonatadas.
2. Identificar las áreas agrícolas de la CCS “Niceto Pérez” de Abreus donde se evidencian efectos de pérdidas de suelo por procesos cársicos.
3. Definir indicadores para la evaluación del impacto de la antropogenia sobre los suelos agrícolas de la CCS “Niceto Pérez” de Abreus sustentados sobre rocas carbonatadas y afectadas por procesos cársicos.

Aportes de la Investigación.

Ambiental: debido a que con el lavado de los suelos por parte de la erosión hídrica fundamentalmente, combinada con la actividad antropogénica, la mayor parte de los nutrientes de la capa edáfica se pierde producto a la infiltración en las oquedades cársicas, propiciando una vegetación escasa y de baja talla, así como algunos sectores totalmente desprovistos de vegetación, esto trae como consecuencia además la migración de las especies de la fauna lugareñas y un desfavorable impacto paisajístico, el fundamental aporte en este tópico es que permite conocer otras formas degradativas de los suelos como son los procesos cársicos combinados con la antropogenia y que por tanto, facilita la toma de decisiones en cuanto al uso y manejo del recurso ; así como en función de medidas de protección y/o conservación para mitigar los impactos negativos de esta forma de degradación. (En sentido general este estudio es un pronóstico de alerta).

Tecnológico. Desde el punto de vista agrícola reviste gran importancia, atendiendo a que permitirá aportar conocimientos sobre una temática poco abordada y a su vez tomar las medidas pertinentes para mitigar el efecto de las actividades antrópicas en regiones con condiciones similares, las cuales propician irremisiblemente a la pérdida de fertilidad de los suelos y la desertificación, el conocimiento de las áreas donde ocurre esta forma de degradación permite el uso de tecnologías apropiadas, por lo que contribuye a la planificación de las actividades requeridas para los cultivos en criterios de sostenibilidad.

Económico. aporta elementos que deben ser tenidos en cuenta a la hora de realizar inversiones en regiones agrícolas sustentadas sobre rocas cársicas para mantener los niveles de producción que demanda hoy la sociedad.

1. Referencias bibliográficas

Los procesos cársicos son producto de la disolución de las rocas, fundamentalmente las rocas carbonatadas, aunque pueden estar presentes en rocas no carbonatadas como las ultramáficas, gabrotroctolitas, yesos, ópalos y calcedonias. Los procesos de carsificación aparecen desde el momento mismo del surgimiento del planeta. Son muy conocidas las grandes extensiones cársicas en el mundo y fue desde el inicio mismo del surgimiento humano un elemento importante para el desarrollo de la civilización (Núñez, 1984). En la actualidad debido a la creciente demanda de los suelos en la agricultura se han realizado estudios donde se combinan la actividad cársica y los procesos erosivos que degradan el suelo. La degradación de los suelos se define como el resultado de cualquier proceso físico, químico o biológico, que conlleva a la reducción cuantitativa y/o cualitativa de la capacidad productiva de éstos (FAO/ISRIC/PNUMA, 1996). Ella es producto de procesos complejos, y depende de las propiedades del suelo, del relieve, del clima, y de las prácticas de cultivo y manejo del suelo, aunque a menudo es inducida por factores socio-económicos y políticas erradas (FAO/PNUMA, 1984; PNUMA, 2000).

Los principales problemas de degradación de los suelos son: la erosión, la compactación, la salinización, y la pérdida de fertilidad química. Entre todos ellos, la erosión es el proceso más negativo, ya que en algunos territorios puede llegar a estadios tales, que lo convierten en un proceso irreversible, con pérdida total de la capa de suelo (De la Rosa *et al.*, 2000). Como efectos indirectos de la erosión de los suelos, se presentan riesgos de inundaciones, sedimentaciones, deslizamientos de tierra, etc., con características a veces catastróficas, así como disminución de la biodiversidad, deterioro de la suplencia de agua en cantidad y calidad, y efectos en cambios climáticos globales y sus consecuencias. (Lal, 2000).

1.1.1 Causas de la erosión

La lluvia es el factor desencadenante de los procesos de erosión hídrica que predominan en regiones tropicales y en terrenos inclinados, mientras que la erosión producida por el viento o eólica es característica de terrenos planos, en regiones secas (Porta, 1999). Las características físicas de la lluvia permiten explicar su capacidad potencial para provocar la erosión del suelo (González, 2000), lo cual es definido como erosividad (Aguilo, 2004); (Da Silva, 2004). Debido a esto la utilización de los datos de erosividad proporciona un buen indicador del riesgo de erosión.

Un indicador indirecto de la erosividad de la lluvia lo constituye la energía cinética (Van Dijk, 2002), ya que representa la energía total disponible para el arranque y transporte por la salpicadura de la lluvia. Para su determinación existen diversas formulaciones empíricas (Wischmeier y Smith, 1958; Hudson, 1965; Kinnel, 1973; Zanchi y Torri, 1980; Motter y Burhnam, 1990; Coutinho y Tomás, 1995; Onaga *et al.*, 1998), que relacionan la energía con la intensidad de la lluvia, siendo la más

conocida la de Wischmeier y Smith (1958). Todos estos índices de agresividad climática basados en datos pluviométricos han sido utilizados por muchos investigadores para evaluar el riesgo de erosión (Rinos, 2000; Jordán y Bellinfante, 2000; Gabriels, 2003; Dvořáková, y Toman, 2003).

Factores que influyen en la erosión hídrica de los suelos.

La erosión hídrica es un proceso de gran complejidad, producido por la combinación de diversos factores que tienen capacidad de remoción y transporte de los materiales en la superficie de la Tierra. Una vez iniciado el proceso erosivo, este se puede acelerar, disminuir o frenar completamente, en un período de tiempo más o menos largo, en dependencia de la influencia conjunta de factores naturales y antrópicos tales como el régimen climático, la constitución geológica, el relieve, el tipo de suelo, la vegetación natural, y la actividad socio- económica entre otros (Porta, 1999).

1.1 El régimen climático

Los factores climáticos que afectan la intensidad de la erosión hídrica son la precipitación, temperatura, el viento y la humedad. No obstante, el comportamiento de estos elementos depende de la faja geográfica. Morgan (1997), precisa que en las regiones templadas, ubicadas en latitudes mayores de 350, el peligro de erosión tiende a ser menor que en los trópicos, debido a que las lluvias son relativamente suaves y distribuidas a lo largo del año, lo cual ha sido corroborado por Tijomirov (1980), Lal (1990), Kutilek y Nielsen (1994). En las regiones con clima tropical, las aguas de lluvias son responsables de la mayoría de las ocurrencias erosivas debido a la intensidad de las precipitaciones y volumen de la escorrentía superficial (Lindsay y Gumbs, 1982; Pejón y Zuquette, 1990; Alleyne y Percy, 1996; Lobo, 2000 y Lozano, 2002).

1.2 La constitución geológica

La influencia de las condiciones geológicas y/o litoestructurales en los fenómenos de erosión potencial y actual de los suelos, ha sido generalmente poco abordada (Febles y Febles, 1988) a pesar de disponerse de abundante bibliografía (Hylsky, 1967; Guerasimov, 1972; Riverol, 1985; Febles, 1988; Febles, 1999) donde se evalúa la influencia de las rocas madres y cortezas de meteorización junto a los suelos, en función de su susceptibilidad a la erosión. Una gran variedad de aspectos geológicos intervienen en la intensidad y heterogeneidad de los procesos erosivos. La resistencia de los materiales y la capacidad de infiltración del horizonte superficial de un suelo, condicionan su erodabilidad, definida como la vulnerabilidad o susceptibilidad del mismo a la erosión, debido principalmente a su resistencia a dos fuentes de energía: el impacto de las gotas de lluvia en la superficie del suelo y la acción de cizalla de la escorrentía (Del Val, 1987; Porta et

al., 1999). La litología está estrechamente relacionada con la resistencia de los distintos materiales frente a la erosión, así como con su capacidad de infiltración. La tectónica regional, por condicionar la situación de las grandes cuencas de drenaje, así como por su papel en la creación del relieve, tienen un papel primordial en los procesos de erosión y sedimentación. También hay que considerar las líneas de fractura en el sentido de condicionadoras del drenaje superficial; la tipología y distribución de las fracturas puede influir de manera importante en el aumento de la capacidad de infiltración (Del Val, 1987). Febles (1988 y 2005), en estudios de la erosión realizados en ecoregiones de carso llano con suelos Ferralíticos Rojos de la provincia de La Habana, encontraron que los procesos erosivos predominantes están condicionados por los procesos cársico-erosivos; cársico-sufosivo, infiltración y desplome, entre otros, donde la cobertura edáfica puede adoptar, a menudo, características asintomáticas. Los mismos autores señalaron que en condiciones de carso de llanuras, el microrelieve y mesorelieve cársico complejo es generalmente muy susceptible a la erosión, no importa su posición relativa en la pendiente. Por lo tanto, la litología aunque de manera indirecta, desempeña un papel relevante en la degradación de los suelos, en los diferentes ambientes geólogo-geomorfológicos, y por ello, su estudio reviste importancia tanto en el contexto actual como perspectivo (Febles *et al.*, 2005).

1.3 Efectos de la naturaleza y propiedades del suelo.

El impacto de las gotas de la lluvia, al encontrarse con la superficie produce la primera acción erosiva en el suelo, cuyo mecanismo es ampliamente documentado por diferentes autores (Wischmeier y Smith, 1958; Del Val, 1987; Morgan, 1997; Porta, 1999; Ferreras, 2000). Posteriormente, como resultado de la continuación de las precipitaciones, se produce el transporte y seguimiento de la acción erosiva a través del escurrimiento. Sin embargo, este fenómeno no sucede de la misma forma en todos los suelos ya que de sus propiedades depende la predisposición o resistencia a la erosión. Limdstrom y Voorhees (1980) y Porta *et al.* (1999), agrupan las propiedades del suelo en relación con la erosión, reconociendo aquellas que determinan la velocidad con que la lluvia penetra en el suelo, y aquellas con las que el suelo resiste la dispersión y la erosión durante la lluvia y el escurrimiento. De estas, es ampliamente aceptado que la estructura es la propiedad del suelo más directamente relacionada con la erosión (Astier-Calderón, 2002), ya que determina tanto su capacidad de infiltración y de almacenamiento de agua, como su resistencia al impacto de las gotas y al arrastre. Vega (2006), A su vez, la cantidad de las partículas que pueden desprenderse de la superficie del suelo depende de la textura y tipo de suelos, así como de la estabilidad estructural (Skidmore y Powers, 1982; Del Val, 1987; Porta, 1999; Barthès y Roose, 2002; Rodríguez, 2006). Al respecto Boiffin y Monnier (1986), constataron la diferencia en los grados de erosión de las arcillas y las arenas,

concluyendo que la erodibilidad de los suelos varía directamente con la concentración de arena e inversamente con la de arcillas. Sin embargo, algunos autores han demostrado que los diferentes tipos de arcilla se comportan distintamente frente a la erosión (Pla, 1997). No obstante, hay amplia coincidencia entre muchos investigadores (Troeh, 1980; Planas, 1986; Lal, 2000; Febles y Durán, 2006), acerca de que los suelos limosos son los más vulnerables a la erosión, por tener las partículas un tamaño demasiado grande que le impide formar agregados estables, al mismo tiempo que las hace transportable con menos resistencia. Investigaciones realizadas en Cuba por Shepashenko. (1982) y Riverol. (1999) en la evaluación de la resistencia antierosiva de los principales tipos genéticos de suelos, mediante la evaluación de la profundidad del perfil, así como de sus propiedades físicas y físico- químicas, dieron como resultado que la erosión es altamente peligrosa siguiendo un orden creciente en los tipos de suelos Arenosos poco desarrollados, Pardos Grisáceos, Ferralítico Amarillento Cuarcíticos, Pardo sin Carbonatos, Fersialíticos Pardo Rojizos y Pardo con Carbonatos entre otros. Cairo y Fundora (1994), ratifican estas observaciones.

1.4 Efectos de la antropogenia en los suelos

La vegetación como factor primordial en la protección de los suelos

La cobertura vegetal es uno de los factores decisivos en la lucha contra la erosión de los suelos. Las escorrentías y las pérdidas por erosión disminuyen considerablemente cuando los suelos están provistos de una buena cobertura vegetal (Gumbs y Lindsay, 1982; Jiongxin, 2005). Como señalan De Castro (1965), Fournier (1975), Tucker. (1997), Casermeiro. (2004), toda planta defiende al suelo de la acción perjudicial de las lluvias, aunque naturalmente, en forma y proporciones diferentes. En terrenos cultivados, Arabi (1991), Florentino (2000) y Martínez (2001) demostraron que la dirección de los surcos o la distribución de las filas en relación con la pendiente, influyen en la erosión Wischmeier (1975), separó la influencia de la vegetación en la erosión de los suelos teniendo en cuenta el efecto cobertor de la copa de la vegetación, de sus restos en la superficie del suelo y el aporte de la materia orgánica al suelo. A ello se le puede añadir, el efecto sujetador de las raíces y la acción de los tallos como barrera contra la escorrentía (Francis y Hilderbrand, 1989, Thorne, 1990). En el área donde se desarrolló el presente trabajo la deforestación alcanza más de un 80%, lo cual ha acelerado los procesos cársico erosivos.

1.2.1 Actividades socio-económicas

El hombre en su aspecto perjudicial acelera los procesos erosivos pudiendo bien, en su función racional e inteligente, frenarlos (Aurnheimer, 1996). La mayoría de las actividades sociales, económicas y culturales que realiza el hombre provoca una intensificación de la erosión del suelo (Pejón y Zuquette, 1990; Derruau, 1991; Norman y Douglas, 1994; Mitás *et al.*, 1997; FAO, 2000;

Ding *et al.*, 2002). Esto se pone de manifiesto con la sobreexplotación de los recursos naturales y la aplicación de prácticas inadecuadas de manejo de suelos y aguas, con la lamentable consecuencia de la pérdida de su fertilidad a través de la erosión, y otras formas de degradación, que en su conjunto, pueden llevar tierras productivas, a la desertificación (Ouvry, 1990; Eswaran 2001; Benítez, 2001). Pero no sólo las actividades agrícolas causan la erosión, sino también, otras actividades humanas como la minería, la construcción de caminos, carreteras, y viviendas (Febles y Febles, 1988; Porta *et al.*, 1999), también Urquiza *et al.*, (2003) plantean que las actividades humanas que más contribuyen a la erosión hídrica de los suelos son: la deforestación, el sobrepastoreo y el mal manejo de las técnicas agrícolas. Los cambios en el uso y manejo de las tierras (deforestaciones, labranza excesiva o inadecuada, quemas, descenso de la materia orgánica del suelo), pueden contribuir a los procesos erosivos (Cotler y Ortega-Larrocea 2006) que a su vez aceleran la emisión de CO₂, el principal de los gases invernadero (Arnalds, 2000; Eswaran *et al.*, 2001; Nearing, 2004). Controlar estos procesos de degradación, y aún más, recuperar suelos degradados, puede ayudar a mantener o incrementar el carbono secuestrado en la vegetación y en el suelo, contribuyendo a reducir o mitigar el efecto invernadero, y con ello la influencia de los cambios climáticos globales (Lal, 2000). Las prácticas para lograrlo son específicas para cada sitio y deben ser evaluadas y adaptadas, en conformidad con las condiciones económicas, ambientales y socio-culturales (Batjes, 1999).

Estas modalidades específicas que asume la erosión de los suelos en las regiones cársicas es lo que ha propiciado uno de los mitos más ampliamente difundido respecto a la no erosión de los suelos Ferralíticos Rojos y subtipos asociados. Sin embargo Romero- Díaz (2000) y Cerdá, (2001), reconocen la existencia de procesos erosivos en regiones similares de España, así como Febles, (2005) los identifican en la provincia La Habana. Estas actividades se han realizado en el lugar de estudio con gran intensidad, por lo que se han tomado como referencia para evaluar el impacto antropogénico en la zona de estudio.

En el caso de Cuba, investigadores de MINAG (1982), Pérez (1989) y Vento (1999) reportaron, que los procesos erosivos progresaban paralelamente al desarrollo de la mecanización y el riego, ya que la introducción de estos nuevos medios técnicos, no va acompañada por las nuevas tecnologías científicamente fundamentadas, de laboreo y de sistemas zonales antierosivos de uso de los suelos, lo que también es característico de esta región, debido a que en décadas pasadas estuvo expuesta a una explotación agraria intensiva con amplio despliegue de maquinaria y sistemas de riegos inadecuados para sus características geológicas.

2. Materiales y métodos

La investigación se realizó en la CCS “Niceto Pérez” del municipio de Abreus en la provincia de Cienfuegos. Se llevó a cabo una investigación no experimental de tipo correlacional- múltiple.

Se utilizó en el desarrollo de la investigación métodos del nivel teórico y empíricos con las correspondientes técnicas.

2.1 Diseño metodológico de la investigación

2.1.1 Caracterización de los suelos agrícolas de la CCS “Niceto Pérez” sustentados sobre rocas carbonatadas

Para la caracterización se llevó a cabo un procedimiento de trabajo en diferentes pasos.

Como primer paso o punto de partida para esta caracterización, se realizó una amplia revisión documental que consideró la búsqueda de diferentes estudios e investigaciones relacionadas con el objeto de esta investigación en diferentes lugares y por diferentes autores, así como, las efectuadas en las áreas de la CCS. Además se realizó varios recorridos donde con la aplicación de técnicas de observación directas y el intercambio o entrevistas a informantes claves del lugar se logró captar información que se reflejó en el croquis del lugar y se cuenta con evidencias fotográficas

Segundo paso, caracterización de las condiciones físico-geográficas del área objeto de estudio. Para esta caracterización se utilizó el mapa a escala 1: 25 000 de la provincia de Cienfuegos, la Nueva Clasificación Genética de los Suelos de Cuba y el léxico estratigráfico de la República de Cuba.

Tercer paso, Se utilizó los trabajos de campo realizados por la empresa de Investigaciones del MICONS en la provincia destinados a una obra civil ubicada dentro del perímetro de la CCS “Niceto Pérez,” los cuales brindan información muy detallada de los procesos cársicos y del comportamiento erosivo de los suelos de la región, obtenidos por métodos novedosos y confiables que permiten obtener perfiles de suelo muy ilustrativos y que aparecen como anexos(8, 9, 10 y 11) en esta obra.

2.1.2. Identificación de las áreas agrícolas de la CCS “Niceto Pérez” de Abreus donde se evidencian efectos de pérdidas de suelo por procesos cársicos

Con el objetivo de caracterizar las áreas de la CCS “Niceto Pérez” con mayor desarrollo de pérdidas de suelos por procesos cársico erosivos, se realizó una compilación de datos de los estudios geotécnicos realizados en la zona de estudio, en los cuales se aplican un conjunto de

métodos investigativos que permiten con mucha fiabilidad demostrar la existencia de actividad cársica y los procesos de infiltración del suelo en las capas subyacentes.

Se efectuó una evaluación de los resultados de los sondeos de perforación realizados en el área, así como, los métodos geofísicos aplicados para determinar el comportamiento topográfico del lecho rocoso en la zona. Con el resultado conjunto se realizó una comparación entre los perfiles trazados y las observaciones geológicas de campo, en una longitud de 1125 m, determinándose la variabilidad de la potencia de suelo a lo largo del perfil geológico. Se realizaron varios itinerarios o recorridos auxiliados por una plancheta del lugar y una brújula, de manera que se logaran recorridos lo más rectos posibles y que abarcaran de forma cuadriculada el área a investigar. Se utilizó la topografía para la obtención de las cotas y coordenadas de los puntos de interés para la confección del plano de ubicación final de los trabajos;

Métodos geofísicos:

Para fundamentar el comportamiento de la topografía, debajo del horizonte de suelo arable, es decir, la del horizonte de la capa rocosa, se requirió el apoyo de los métodos geofísicos, las mediciones se realizaron en las variantes de Geoelectricidad y Sísmica. En el primer caso comprende los métodos de Sondeo Eléctrico Vertical y Perfilaje Eléctrico Simétrico y en el segundo la variante de Sísmica de Refracción. El método del SEV fue empleado en una red de 100 x 50 m, en todos los perfiles programados para la perforación, hasta alcanzar una profundidad promedio de 5.0 m.

El Perfilaje Eléctrico se utilizó en los lugares donde fue necesario precisar la existencia o no de rocas calizas. La red de medición para este método fue de 2.0 x 2.0 m en un área de 10.0 x 10.0 m alrededor de la zona en cuestión.

La Sísmica de Refracción se ejecutó en una red de 300 x 200 m. La longitud máxima de las puestas fue de 10 m, lo que permitió alcanzar 2.0 m de profundidad.

El objetivo de los Métodos Eléctricos fue estudiar las características geológicas de la zona, precisando la profundidad del techo de la roca y las demás características ya expuestas, mientras que con la Sísmica se precisó el grado de excavabilidad de los litotipos presentes por medio de la velocidad de la onda sísmica y el desarrollo de la actividad cársica en el área, (ver en anexo gráfico perfiles geológicos y plano de ubicación. Anexo 7,8,9 y 10), con este tipo de método es posible alcanzar un conocimiento muy confiable de la variabilidad de suelos y rocas como se puede observar en los perfiles gráficos.(anexo 8, 9, 10 y 11)

Perforación:

Los trabajos de perforación por ser los más directos y confiables se desarrollaron a todo lo largo de los perfiles, con una densidad que no dejara margen a dudas, para realizar un mapeo confiable. Estos trabajos se realizaron durante el período comprendido entre noviembre de 2001 y marzo de 2002. Durante esta etapa se perforaron **170 calas** con profundidades entre 2.20 y 7.60 m, realizadas todas dentro del área de investigación; alcanzándose un total de **839.40 m**. Para la realización de estos trabajos se utilizó máquinas de perforación rotaria tipo UGB-50 y ELI-290 preparadas para el sondeo a percusión con martillo de 140 Kg de peso y caída libre de 0.45m de altura para los sondeos en suelo, usando muestreadores tipo cuchara cubana (SS) y limpiador (BL) y para los sondeos en suelos duros y rocas los muestreadores soviéticos de simpletubo BS y AS de 89 y 76 mm de diámetro respectivamente de donde se extrajeron los testigos necesarios para la descripción tacto visual de los materiales y la toma de muestras. También se perforaron **64 calicatas** con profundidades entre 0.40 y 3.0 m para un total de **145.80 m**, la profundidad estuvo condicionada a la aparición del techo de roca. Para ello se utilizó el camión barrenador BKGM con barrenas de 60 y 80 cm de diámetro, permitiendo describir el corte litológico a todo lo largo de los perfiles. También se realizó itinerarios geológicos que permitieron una comprensión espacial de los afloramientos rocosos, su distribución, su relación con el suelo cultivable y los procesos cársicos existentes, así como sirvió de ayuda en la conformación del perfil topográfico del horizonte D.

Topografía:

Los trabajos topográficos se realizaron por una comisión dotada de una estación total y consistieron en el replanteo y ubicación final de los laboreos realizados durante todas las etapas de los trabajos, ellos proporcionaron el plano de la zona de estudio y contribuyeron a la realización de la interpretación de los resultados de la geofísica y la confección de los perfiles geológicos de área.

Para determinar las áreas dentro de la CCS “Niceto Pérez” con actividad cársica se realizaron itinerarios auxiliados por una plancheta y una brújula de manera que permitiera la realización de los mismos en forma de cuadrícula y que abarcaran toda en área seleccionada, esto permitió detectar en superficie los elementos cársicos existentes y plotearlos en el mapa de ubicación, obteniendo con mucha claridad las zonas más vulnerables a los procesos cársico erosivos que ocurren en el territorio estudiado

Análisis estadístico.

Para conocer el comportamiento topográfico del lecho rocoso y determinar la posible afectación por procesos cársicos se desarrolló un análisis estadístico descriptivo, donde se tomaron los valores de las potencia de suelo en los diferentes perfiles determinados por la perforación y la

geofísica, a los que se le determinó la media aritmética y la varianza muestral, luego se confeccionó un diagrama de dispersión que ilustra el comportamiento irregular del lecho rocoso, el cual permitirá conocer la relación existente entre la capa de suelo edáfico y la roca.

2.1.3 Evaluación de la Antropogenia.

Para evaluar el aspecto antropogénico se realizó una búsqueda bibliográfica que permitiera de forma actualizada definir los principales parámetros a tener en cuenta. Se realizó de entrevistas a personas claves residentes en la zona de estudio, para obtener una información de las principales actividades realizadas por el hombre en el territorio estudiado, además se realizaron 9 transectos por la zona de estudio con el objetivo de buscar evidencias de actividad antrópica en la región que mostraran signos de deforestación, compactación de los suelos, indicadores de excesiva labranza de los mismos, labores de cualquier índole generadas por la actividad antropogénica que afectaran, en cualquier medida las características edáficas del área estudiada.

3. Resultados y discusión

3.1 Resultado de la caracterización de los suelos de la CCS "NICETO Pérez"

La CCS "Niceto Pérez" se localiza en el municipio de Abreus en la provincia de Cienfuegos, el área estudiada se encuentra al Este del poblado de Juraguá entre la carretera que une ese poblado con la cabecera provincial en una región afectada por la actividad cársica. Los suelos que caracterizan esta zona son suelos ferralíticos (Nitisol): Por su extensión ocupan el segundo lugar en Cuba con 2.054.200 hectáreas lo que representa el 23,5% de la cobertura de suelos cubana. Se ubican por extensas llanuras, como el Sur de Habana-Matanzas, llanura de Ciego de Ávila y en menor proporción por las demás provincias. Se forman generalmente a partir de materiales parentales como la caliza dura, esquistos y en menor grado sobre rocas ígneas básicas. Son suelos de color rojo con materia orgánica bien evolucionada, arcillosos, friables con buen drenaje, pH entre 6.0-7.0, capacidad de cambio de baja a media, predominando como catión el calcio, con un alto grado de saturación que puede alcanzar el 95%. En su estado original son suelos muy fértiles, con buenas propiedades físicas y físico-químicas por estar formados sobre calizas. Se hace referencia a los edafotaxa más productivos del país ya que en ellos se desarrollan la mayoría de los cultivos tropicales, con altos rendimientos si se le aplica adecuadamente la agrotécnica apropiada a cada cultivo. Sin embargo, a pesar de estas buenas propiedades, son suelos que son muy exigentes al agua, (secantes), por lo que requieren, en la época de sequía estar sometidos a sistemas de riego para lograr resultados satisfactorios. Por el uso intensivo a que han estado sometido estos suelos durante muchos años, sus propiedades se han deteriorado, pudiendo citarse que: Se han compactado por un uso indiscriminado de la maquinaria, su fertilidad ha disminuido en general, debido a la carencia de fertilizantes. En ocasiones se han visto alcalinizados y otros casos acidificados. (Ibañez, 2012). Actualmente en la zona de estudio estos suelos, debido a un manejo han perdido gran parte de su fertilidad, demostrado por los bajos rendimientos obtenidos en diferentes cultivos y han quedado relegados a actividades pecuarias, fundamentalmente a la cría de ganado mayor donde los pastos existentes tampoco cuentan con alta calidad.

Características Físico-geográficas del área de estudio:

El área de estudio se caracteriza por poseer un relieve llano, con muy pocas líneas de drenaje pluvial, marcado por el desarrollo de procesos cársicos activado fundamentalmente por el drenaje existente en la región. Por debajo de estos suelos agrarios subyace la formación Guines compuestas por calizas muy susceptibles a la disolución por las aguas, lo que ha dado origen a numerosas manifestaciones cársicas que constituyen uno de los principales temas de estudio. Las principales vías de acceso la constituyen el vial Cienfuegos- Ciudad Nuclear-Juraguá, obras que también han tenido su implicación en el tema de estudio debido al uso y remoción del suelo. La

vegetación en la zona de estudio es diversa, con áreas de bosques costeros en la franja próxima al litoral, carentes de interés comercial debido a una política de explotación irracional que data desde la época colonial, afortunadamente hoy con regulaciones que benefician su proliferación y desarrollo, la mayor parte del territorio está compuesto por plantas herbáceas que se han desarrollado a partir del parcial abandono de estas tierras, existen también amplias zonas cubiertas de marabú y otras con total denudación producto a la erosión hídrica. Estas zonas deforestadas fueron el resultado de la expansión agrícola en la región, la cual resultó agresiva desde su comienzo mismo y posteriormente a raíz de la llamada revolución verde se incrementó su uso de manera desmedida utilizando técnicas incompatibles con un manejo integral del suelo, lo que motivó el acelerado proceso de degradación de los mismos.

Clima y precipitaciones.

En general, el clima en la zona de estudio, está en correspondencia con el clima de Cuba, determinado por su posición geográfica lo cual hace que reciba la influencia estacional de las zonas de circulación atmosférica tropical y extratropical. En la temporada que va aproximadamente de noviembre a abril, las variaciones del tiempo y el clima están asociadas fundamentalmente al paso de sistemas frontales, a la influencia anticiclónica de origen continental y de centros de bajas presiones extratropicales. De mayo a octubre predomina la influencia más o menos marcada del Anticiclón del Atlántico Norte y los cambios más importantes en el tiempo se vinculan con la presencia de disturbios en la circulación tropical (ondas del este y ciclones tropicales). La temperatura del aire en la zona de interés alcanza su máximo anual en los meses de julio y agosto, mientras que el mínimo de la marcha anual, ocurre en enero y diciembre. Los valores medios de esta variable son altos, el valor medio anual de temperatura es de 24.7 °C y el mayor valor medio mensual 27.0 °C se presenta en julio mientras que el mínimo en enero con 21.6°C. (Fig. 3)

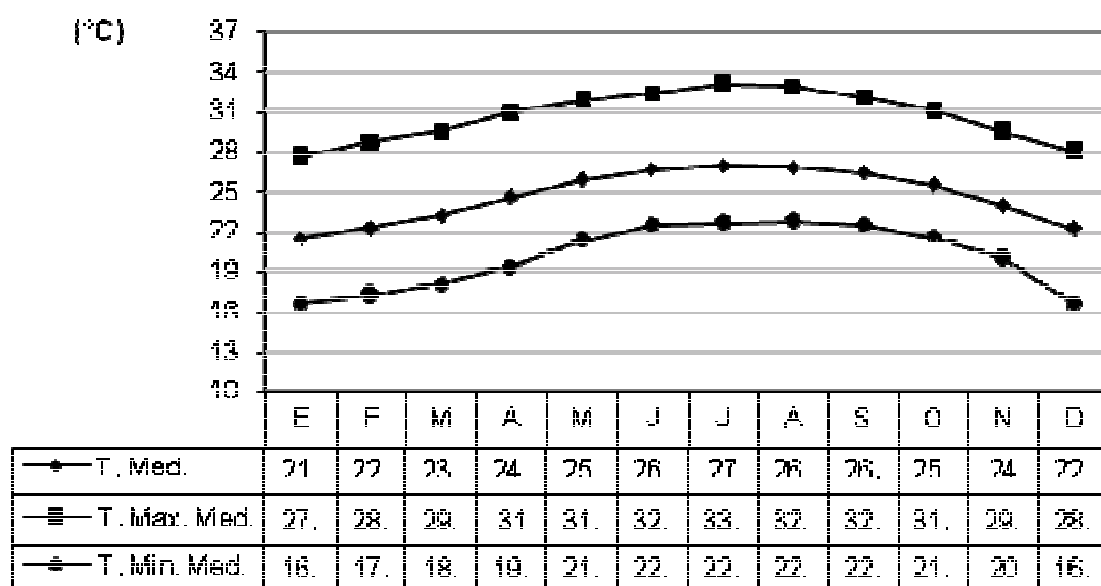


Fig. 1. Comportamiento Anual de la Temperatura Media. Instituto de Meteorología (Período 1980-2010)

Los factores climáticos como las precipitaciones, temperatura, el viento y la humedad afectan la intensidad de la erosión en el territorio estudiado. En las regiones con clima tropical, las aguas de lluvias son responsables de la mayoría de las ocurrencias erosivas debido a la intensidad de las precipitaciones y volumen de la escorrentía superficial (Lozano , 2002).

3.1.2 Resultados de identificación de las áreas con mayor desarrollo cársico.

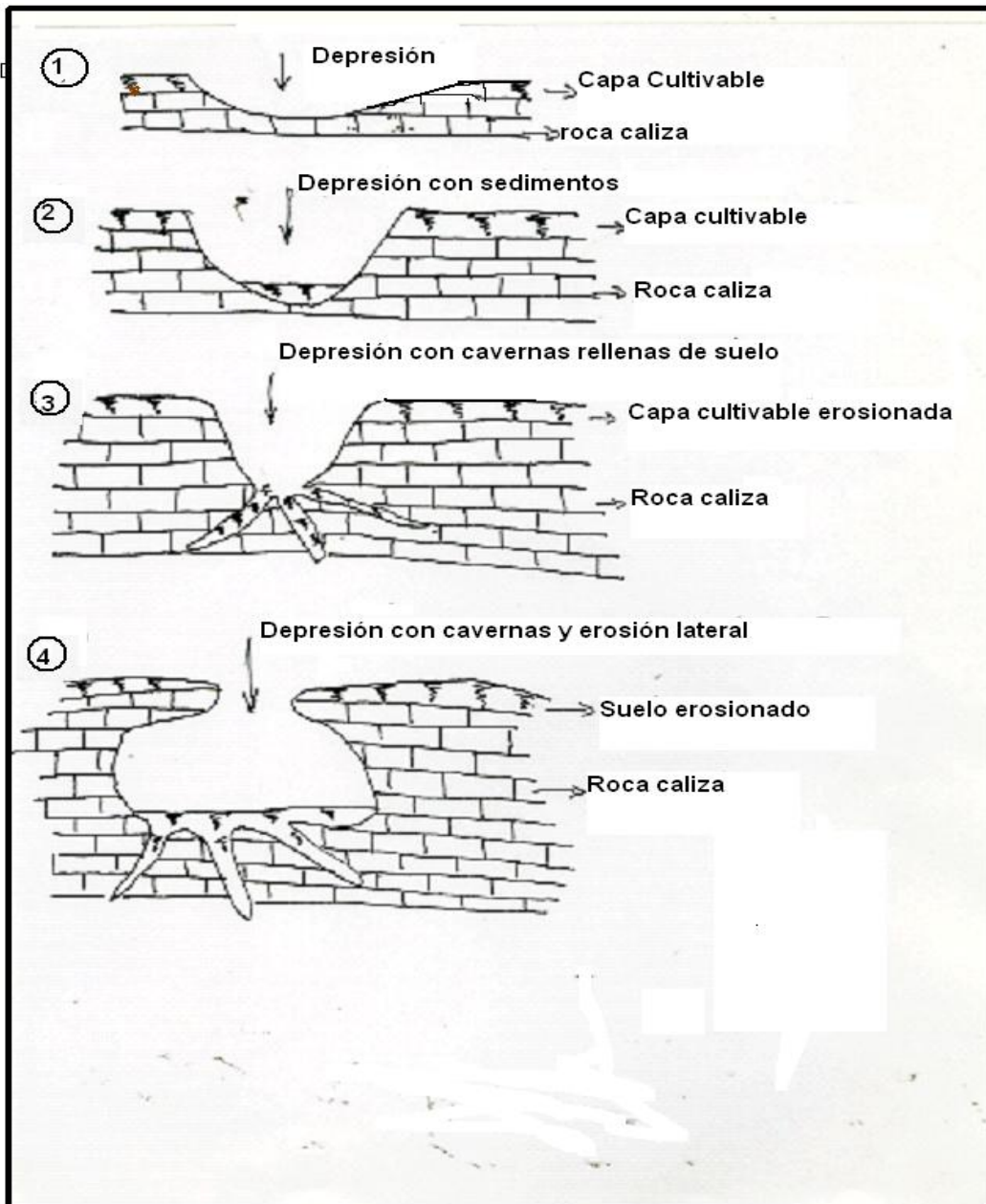
Como resultado de los trabajos de levantamiento geológico, realizado mediante itinerarios que cubrieron en forma de cuadrículas el área estudiada, se pudo conocer que toda la parte Este; de la cooperativa estudiada está afectada por un sistema cársico erosivo donde los suelos agrícolas se están infiltrando, por los efectos de la erosión hídrica a través de las oquedades cársicas existentes y que cualquier actividad humana que remueva o erosione el suelo acelerará el proceso. Estos itinerarios geológicos fueron además fundamentados con los resultados de los demás métodos investigativos aplicados(geofísica, perforación, topografía), a fin de lograr una información general del área, se demostró una actividad cársica en la zona de estudio que observa una heterogénea distribución de la capa arable e irregularidad de las rocas calizas en profundidad, lo que corrobora lo planteado por Segura (2004) que las rocas calizas se forman en estratos normalmente horizontales, con un buzamiento suave siguiendo las líneas de sedimentación del ambiente sedimentario. Como consecuencia el perfil geológico evidenció la existencia de un proceso cársico avanzado y además se observó que la potencia de las capas de suelo agrícola aumentaba extremadamente en algunos lugares mientras decrece en otros, al punto de aparecer

los afloramientos rocosos con huellas de una actividad cársica muy marcada, con oquedades con diferentes dimensiones rellenas por suelo de color rojo, evidentemente de la capa edáfica, Este mismo proceder se evidenció en las profundidades estudiadas a través del método de perforación, con el cual se detectaron cavernas y oquedades rellenas total o parcialmente por la capa edáfica, evidenciando un proceso cársico erosivo con una componente alta de la actividad antropogénica y se muestran en varias fotografías de cavernas detectadas por la perforación que ilustran y complementan tal afirmación. (Fig. 2, 3 y 4)

Se encontró que existen diversas variedades de carso en la zona y citamos: carso desnudo, compuesto por "seborucos costeros" sometida a la actividad del oleaje y a las salpicaduras del agua del mar, dando lugar al diente de perro litoral casimbas y micro depresiones a menudo rellenas por arenas picantes, grietas y surcos carsificados, rocas carsificables afloran a la superficie sin ningún tipo de cobertura y el carso se manifiesta desnudo y parcialmente desnudo, típico de llanuras bajas y planas, coinciden con superficies jóvenes de origen principalmente marino. Presentan amplios campos de dientes de perros de diferentes tamaños, asociados con casimbas pequeñas en ocasiones cubiertas por delgados espesores de suelo de tipo rojo Ferralítico. Además se encontró dolinas originadas por la disolución o el desplome de bloques, a las cuales están asociadas el carso cubierto, representado generalmente por rocas que no afloran y que su disolución no es observable a simple vista, en esta última modalidad de carso es donde se encuentran los actuales suelos en explotación agrícola del área de referencia, en ella se pudo apreciar la aparición de dolinas con bastante frecuencia, lo que demostró que esta actividad geológica continua su desarrollo de manera activa. Se evidenció además que en los lugares donde la vegetación era más abundante las cavernas detectadas por la perforación se encontraban vacías con mucha frecuencia, mientras que en las zonas más despobladas coincidiendo con algún tipo de laboreo anterior estas mismas cavernas aparecían rellenas o parcialmente rellenas por las partículas pertenecientes a los suelos rojos existentes únicamente en la capa superior, lo que denota una infiltración por el efecto erosivo de las aguas pluviales y acentúa la afirmación de que la actividad antropogénica contribuye a los procesos cársico erosivos del lugar. Se comprobó lo planteado en la literatura que las dolinas cársicas son depresiones que ocurren en los suelos producidas por el agua, generalmente encharcada que en su paso al interior de la tierra y que va disolviendo las rocas con las que se encuentra, lo que provoca una cavidad que posibilita que conjuntamente con el agua se infiltre el suelo en suspensión, se evidenció que estas dolinas generalmente pasan a ser la fundamental vía de drenaje del suelo, y por ende son los lugares por donde mayor cantidad de suelo se infiltra, en ocasiones alcanzan dimensiones grandes y socavación en su estructura interior con el posterior desplome de las mismas. En otras regiones del país las dolinas constituyen un peligro potencial para el uso del suelo debido al colapso de las

capas superficiales y para la erosión, ya que a través de ellas, las partículas de suelo son removidas hacia el subsuelo (Angel, 2004). Esto último, unido a un uso irracional del suelo, puede conducir paisajes cárnicos, a la desertificación. Se representa una gráfica de la evolución de una dolina para mejor comprensión del proceso así como fotos que aparecen en los anexos (fotografías.4, 5, 6, 7 y 8) de algunas dolinas existentes en la zona misma donde se realizó el trabajo.

Gráfica evolutiva de una dolina cársica



Con la conformación de los perfiles geólogo –geofísicos se realizó un análisis estadístico de las potencias de suelo existentes en cada sondeo, donde se obtuvieron 62 valores, a estos se les determinó la media aritmética y la varianza muestral, posteriormente se construyó un diagrama de dispersión muestral que ilustra el comportamiento irregular de la roca en profundidad, denotando un avanzado desarrollo de la actividad cársica en la región, coincidiendo con los resultados obtenidos por los diferentes métodos aplicados en aras de determinar el grado de carsificación existente. Anexo 2

Para tener una referencia de la magnitud de las pérdidas de suelo por los procesos de infiltración se estuvo en cuenta los resultados obtenidos por los doctores Vega y Febles (2006), sobre las pérdidas de suelos registradas en dolinas cársticas en la antigua provincia de La Habana, donde las condiciones son bastante similares, con los mismos suelos agrícolas, la misma formaciones de rocas subyacente y las mismas condiciones geográficas, lo que posibilitó una analogía en tales procesos, se anexa tabla de pérdidas de suelos obtenida por los investigadores antes citados con el objetivo de dar una visión panorámica del asunto. Anexo 3

3.1.3. Definición de los indicadores de impacto antropogénico

En Cuba como en la mayoría de los países, el proceso de degradación se manifiesta en un alto porcentaje, por el inadecuado manejo y explotación de los suelos, (Riverol, 2002) y se ha producido un incremento de las áreas afectadas en el tiempo debido a la incidencia de errores conocidos como por ejemplo, el riego con agua de mala calidad, la ausencia de sistemas de drenaje, la deforestación, la compactación, la quema, la extensiva aplicación de laboreos y esta es la problemática existente en el área que se realiza esta investigación. Esa pérdida de la parte superior del suelo, al ser arrastrada por las aguas, se conoce como erosión hídrica y es uno de los procesos más dañinos y extensivo, que ha ocurrido en el país y en el mundo, a lo largo de cientos de años, debido a él, se han perdido millones de hectáreas de suelos que, en la actualidad, han quedado totalmente improductivos. Dentro de las acciones antropogénicas que han tenido mayor relevancia en el área de trabajo se destacan la deforestación, actividad que fue excesiva desde la época de la colonial con la comercialización de la madera y el desarrollo de la actividad carbonera así como la demanda cada vez mayor de suelos fértiles para la agricultura, perdurando solo pequeñas áreas boscosas y sin interés comercial, la mayor extensión del territorio estudiado solo está provisto de vegetación herbácea. Los intensos laboreos durante años de explotación del suelo con malas prácticas agrícolas, desencadenaron una pérdida de fertilidad en los mismos, durante algún tiempo se abusó de sistemas de riegos poco eficientes y muy erosivos lo que conjuntamente con el relieve y el drenaje propició el desarrollo de los procesos carsicos erosivos hoy existentes. Otra de las actividades antropogénicas que han modelado la actualidad en el territorio es el uso de maquinaria, próximo al lugar de estudio se han realizado numerosas acciones geotécnicas, militares y civiles que han contribuido en alguna medida a tal efecto, entre ellas se puede mencionar la Central Electro Nuclear la cual derivó la apertura de varias canteras, la creación de viales, con excesivos desbroces y descortezados con maquinaria pesada, con todos estos antecedentes se puede aseverar que la acción antrópica en el lugar de estudio ha sido intensa y se requiere de una acción inmediata para detener el proceso degradativo existente

El mayor impacto antropogénico que se ha realizado en el área de estudio se fue en décadas pasadas y fue determinado mediante observaciones directas, estas áreas de cultivos fueron sometidas a una explotación desmedida de sus potencialidades agrícolas, sin un manejo de suelo adecuado y utilizando sistemas de riego agresivos que provocaron una erosión fuerte en un medio que resultó apropiado para la pérdida de las cualidades productivas de la tierra, actualmente estos suelos son utilizados en un alto porcentaje en la ganadería, debido a su fuerte degradación y existen áreas totalmente denudadas donde sólo se aprecia la existencia de rocas con huellas de lo que pudo haber de suelo. En los datos obtenidos durante la perforación en el área, se comprobó con mucha claridad cavernas cársticas rellenas o parcialmente rellenas por el suelo de la capa más superficial lo que pone al descubierto la intensidad del proceso, de modo ilustrativo se anexan algunas columnas litológicas que permiten ilustrar de manera convincente dicha actividad. (Anexos 6, 7, 8 y 9)

Todavía en una zona susceptible a tales efectos se realizan actividades constructivas que requieren de intensas talas y desbroce con buldócer, aumentando aún más los daños en una zona que de hecho está muy afectada por la actividad humana sin que se tome conciencia de lo nefasto de tal actividad para los suelos de la región y para el ecosistema en general.

Conclusiones

1. La caracterización de la situación de los suelos agrícolas de la CCS “Niceto Pérez” de Abreus sustentados sobre rocas carbonatadas constató que estos están clasificados como suelos ferralíticos (Nitisol): los que representa el 23,5% de la cobertura de suelos cubana. Son suelos de color rojo con materia orgánica bien evolucionada, arcillosos, friables con buen drenaje, pH entre 6.0-7.0, capacidad de cambio de baja a media, predominando como catión el calcio, con un alto grado de saturación que puede alcanzar el 95%. Fueron suelos muy fértiles, con buenas propiedades físicas y físico-químicas por estar formados sobre calizas,. Sin embargo, a pesar de estas buenas propiedades, son suelos que demandan mucho agua, (secantes), por lo que requieren, en la época de invierno estar sometidos a sistemas de riego para lograr resultados satisfactorios. Por el uso intensivo a que han estado sometido estos suelos durante muchos años, sus propiedades se han deteriorado, existiendo compactación por un uso indiscriminado de la maquinaria, su fertilidad ha disminuido en general, debido a la carencia de fertilizantes. En ocasiones se han visto alcalinizados y otros casos acidificados. Actualmente en la zona de estudio estos suelos, debido a un manejo inapropiado han perdido gran parte de su fertilidad, demostrado por los bajos rendimientos obtenidos en diferentes cultivos y han quedado relegados a actividades pecuarias, fundamentalmente a la cría de ganado mayor .
2. Los métodos de investigación aplicados en la CCS “Niceto Pérez” permiten demostrar la existencia de pérdidas de suelos agrarios por procesos de infiltración
3. Toda el área de la CCS “Niceto Pérez” está afectada por procesos cársicos, pero la parte sur, próxima al litoral es la que presenta mayor grado de afectación.
4. Los principales indicadores utilizados para evaluar el impacto de la antropogenia sobre los suelos agrícolas de la CCS “Niceto Pérez” de Abreus, han sido la deforestación, el uso agrario indiscriminado del recurso suelo, el uso del suelo como material de construcción en obras civiles y militares significativamente grandes.

Recomendaciones

1. Recomendamos la realización de plan de medidas, por parte de la dirección de la CCS para mitigar el efecto de los procesos cársico erosivos.
2. Que se realicen estudios de esta índole en áreas del territorio provincial con similares característica geológicas.

Bibliografía

- Aguilo, M., Carrasco, et al. (2004): Guía para la elaboración de estudios del medio físico. Contenido y metodología. Serie Monografías. Centro de Publicaciones, Secretaría General Técnica, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 809 pp.
- Aksoy, H., y M. Levent (2005): A review of hillslope and watershed scale erosion and sediment transport models. *Catena*, 64(2-3): 247-271.
- Almorox, J., y R. Montes (1994): Métodos de estimación de la erosión hídrica. Editorial Agrícola Española, Madrid, 160 pp.
- Angel, J. C., y S. V. Panno (2004): Comparison of a new GIS-based technique and a manual method for determining sinkhole density: An example from Illinois' sinkhole plain. *Journal of Cave and Karst Studies*, 66(1):9-17.
- Applegate, P. (2003): Detection of sinkholes developed on shaly Ordovician limestones, Hamilton County, Ohio, using digital topographic data: Dependence of topographic expression of sinkholes on scale, contour interval, and slope. *Journal of Cave and Karst Studies*, 65(2):126-129.
- Arnoldus, H. M. (1978): An approximation of the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation. En *Assessments of erosion* (M. De Boodst y D. Gabriels, eds.), John Wiley & Sons, Inc. New Cork, pp. 127-132.
- Ascanio, O., y M. Riverol, (1983): Antecedentes históricos de la erosión como fenómeno de empobrecimiento de los suelos cubanos. Reporte de Investigación No.8, Instituto de Suelos, Academia de Ciencias de Cuba, 13 pp.
- Assouline, S., y M. Ben-Hur (2006): Effects of rainfall intensity and slope gradient on the dynamics of interrill erosion during soil surface sealing. *Catena*, 66(3): 211-220.
- Astier-Calderón, y J. Etchevers-Barra (2002): Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia*, 36(5):605 – 620.
- Auernheimer, A. (1996): Curso de impacto ambiental. Dpto de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, Universidad de Alicante, Centro de Estudios de Tecnologías Avanzadas (ISPJAE), La Habana.
- Brígido, O., L. Mendoza, (2006): Cuantificación de procesos erosivos en suelos agrícolas empleando las precipitaciones radiactivas globales del cesio-137. En VI Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, La Habana, Memorias, CD – ROM Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, ISBN 959-7023-35-0.
- Bullón, T. (2004): Teledetección aplicada al estudio de los recursos naturales en un medio kárstico En *Medio Ambiente, recursos y riesgos naturales: Análisis*

- mediante tecnología SIG y Teledetección (C. Conesa, Y. Alvarez y J. B. Martínez, eds.). Grupo de métodos cuantitativos, SIG y Teledetección (Asociación de Geógrafos Españoles) y Departamento de Geografía, Universidad de Murcia, Vol. II, pp. 13-24.
- Busto, R. (1980): "El relieve del centro de Cuba occidental y los problemas de su utilización práctica" [inédito], tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Geográficas, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana.
- Busto, R., y J. Mateo (1976): Sobre la tipología del carso de La Habana. Serie Geog. 12, pp. 8-16.
- Cabrera, J. (2002): "Introducción al catastro ingeniero geológico y geoambiental de la provincia de Pinar del Río aplicando tecnología SIG" [inédito], tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Técnicas, Facultad de Geología y Mecánica, Universidad de Pinar del Río Hermanos Saíz.
- Cairo, C. P., y H. O. Fundora (1994): Edafología. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba, 250 pp.
- Campos, y J. Olivera (2004): "Caracterización geólogo ambiental de las provincias habaneras" [inédito], Informe Final, Proyecto Evaluación geólogo ambiental de las provincias habaneras Código 30302, Instituto de Geofísica y Astronomía, Ciudad de La Habana.
- Capote, R.P.,(1989) Vegetación actual. En Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Instituto de Geografía de la ACC e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, pp. X 1.2-3
- Cárdenas, A. (2006): Impacto del Programa Nacional de Conservación y Mejoramiento de suelos en la Agricultura Cubana y el Medio Ambiente. En VI Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, La Habana, Memorias, CD – ROM Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, ISBN 959-7023-35-0.
- Casermeiro, M., M. I. Hernando, et al. (2004): Influence of scrubs on runoff and sediment loss in soils of Mediterranean climate. Catena, 57:91-107.
- CENU (2000): Estado de los bosques en Europa. Executive Report, Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa y Comisión Europea.
- Colotti, E. (1998): Determinación de la energía cinética de la lluvia con datos horarios.
- Conesa, C. (2004): Medio Ambiente, recursos y riesgos naturales: Análisis mediante tecnología SIG y Teledetección. En Medio Ambiente, recursos y riesgos naturales: Análisis mediante tecnología SIG y Teledetección (C. Conesa, Y. Alvarez y J. B. Martínez, eds.), Grupo de métodos cuantitativos, SIG y Teledetección (Asociación de Geógrafos Españoles) y Departamento de Geografía, Universidad

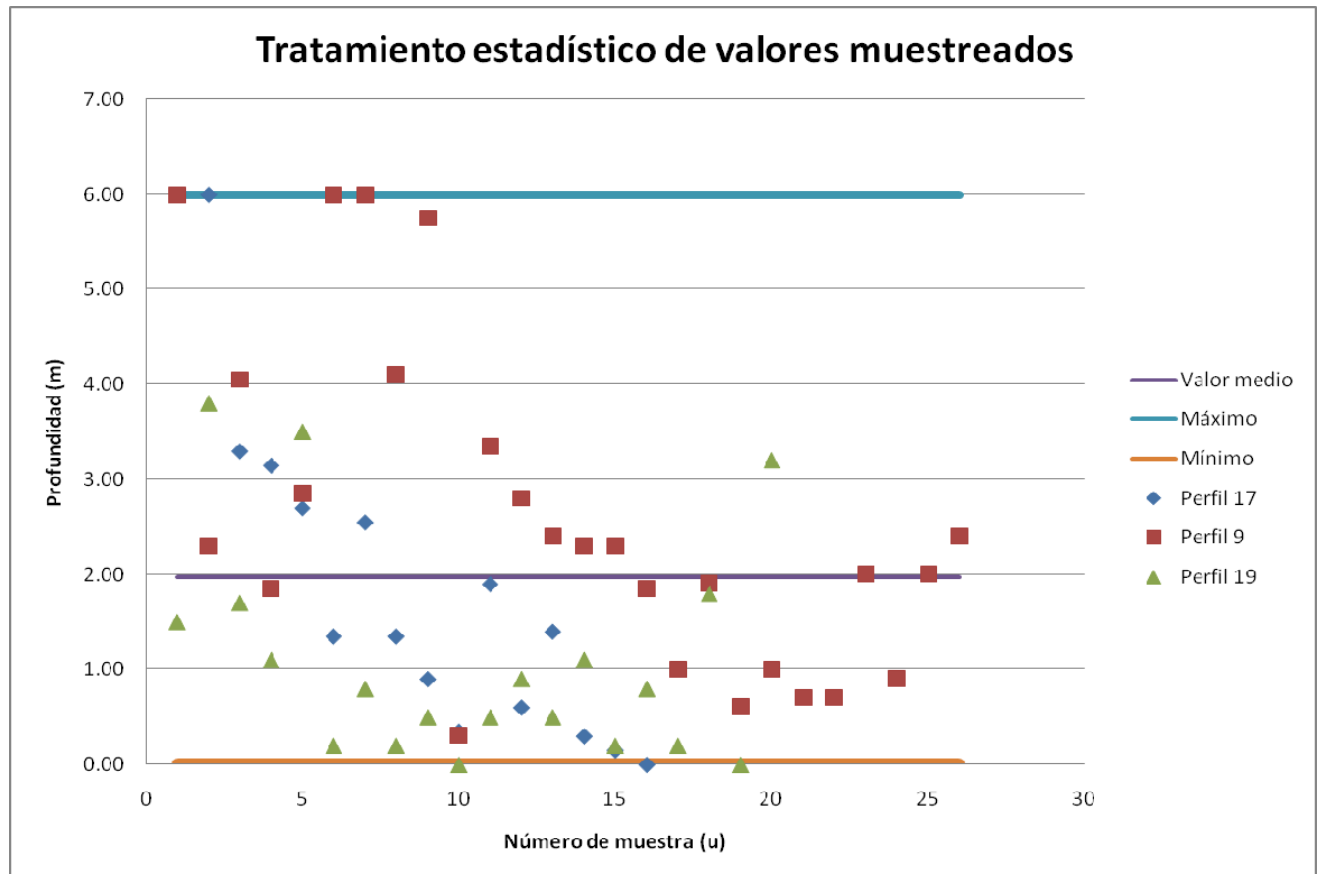
- de Murcia, Vol.I, pp. 11-21.
- CORINE (1992): Soil erosion risk and important land resources in the southern regions of the European Community. [citado 20 febrero 2004] Disponible en Internet: [URL<http://reports.eea.eu.int/COR0-soil/en/soil_erosion.pdf>](http://reports.eea.eu.int/COR0-soil/en/soil_erosion.pdf)
- Cotler, H., y M.P. Ortega-Larrocea (2006): Effects of land use on soil erosion in a tropical dry forest ecosystem, Chamela watershed, Mexico. *Catena*, 65(2): 107-117.
- Cuevas, y J.L. Gil (1986): Aplicación de diferentes técnicas de procesamiento matemático a la información geofísica de zonas kársticas. *Ciencias de la Tierra y el Espacio, Principales Resultados del Quinquenio 81-85* Institutos ACC, La Habana, pp. 34.
- De Albear, J. F., y M. A. Iturralde – Vinent (1985): Estratigrafía de las provincias de La Habana. En *Contribución a la Geología de las provincias de La Habana y Ciudad de La Habana*, Editorial Científico – Técnica, La Habana, pp. 12 -54.
- De Castro, F. S. (1965): Conservación de suelos. Edit. Rev. La Habana, 298 pp.
- De Pedraza, J. (1996): Geomorfología, principios, métodos y aplicaciones. Editorial Rueda, 413 pp.
- Del Val, J. (1987): Factores que controlan los procesos de erosión sedimentación. En *Riesgos Geológicos. Serie Geológica Ambiental*, Instituto Geológico y Minero de España, pp.20-33.
- Días. Comesañas, y A. Castellanos, (2005): Análisis de la susceptibilidad a la erosión para el reordenamiento ambiental de la cuenca hidrográfica del Río Bacuranao. En *1ra Convención Cubana de Ciencias de la Tierra*, La Habana, Memorias, [CD ROM] ISBN 959-7117-03-07.
- Díaz Díaz, y R. González (1989): Evaluación para la agricultura. En *Nuevo Atlas Nacional de Cuba*, Instituto de Geografía de la ACC e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, pp. IV 3.4
- FAO / ISRIC / PNUMA (1996): Degradación del suelo debido a actividades humanas. *Cumbre Mundial sobre la alimentación*, Roma.
- FAO / PNUMA (1984): Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos, Roma, 86 pp.
- Febles, J M. y J. L. Durán (2006): Manual de Erosión y Conservación de Suelos. Editorial Félix Varela, 3ra. Edición 220 pp.
- Franco, G. L., R. Delgado et al. (1994): Léxico estratigráfico. Instituto de Geología y Paleontología, 569 pp.

- Garea, E. (2003): "Métodos para el manejo de la información de suelos en las regiones montañosas de Cuba mediante técnicas digitales" [inédito], tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Técnicas, Instituto Técnico Militar José Martí, La Habana.
- GLASOD (1991): Global Assessment of Soil Degradation. International Soil Reference and Information Centre (ISRIC). [citado 10 enero 2004] Disponible en Internet: URL<<http://www.isric.nl>>
- Gounou, E. y Febles, J. M. (1997): "Aplicación del enfoque morfoedafológico al estudio de la variabilidad de algunos suelos en un geosistema cársico (La Habana, Cuba)" [inédito], tesis para optar por el grado de Doctor en Ciencias Agrícolas, Facultad de Agronomía, Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias de La Habana Fructuoso Rodríguez Pérez.
- Gutiérrez, R. (1997): El karst en el archipiélago cubano. En Estudios sobre Geología de Cuba (E. Furrázola y K. Núñez, eds.), Centro Nacional de Información Geológica, La Habana, pp. 197 -212.
- Instituto de Suelos (2001): Programa Nacional de mejoramiento y conservación de suelos. Ministerio de la Agricultura, Agrinfor, 38 pp..
- Iturralde, M. A. (1996): Introduction to Cuban geology and tectonics. En Ofiolitas y arcos volcánicos de Cuba, IUGS / UNESCO, Proj. 364, Spec. Contr. N.1 MIAMI, pp.3-35.
- Le Bissonnais, I. y D. King (2002): Mapping erosion risk for cultivated soil in France. Catena, 46 (2-3): 207-220.
- Lobo, D. (2000): "Indicadores de la susceptibilidad a la degradación física de los suelos con fines de evaluación de tierras" [inédito], Tesis Doctoral. Postgrado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía. Universidad Central de Venezuela.
- Lozano, y I. Pla (2002): Susceptibilidad a la degradación física de Alfisoles de los llanos centrales y occidentales de Venezuela. Revista de la Facultad de Agronomía, (Maracay) 28:41-57.
- Mateo, J. (1983): Paisajes geográficos. Departamento de textos y materiales didácticos, Facultad de Geografía, Universidad de La Habana, 35 pp.
- Molerio, L. y M. Mahe-Condís, et al. (2004): Mundo Subterráneo. Universidad para todos.
- Muñoz, O., M. Fernández, I. Zamora, y B. González (1989): Necesidad teórica de bosques de protección ante la erosión edáfica (excluida la intervención humana). En Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Instituto de Geografía de la ACC e Instituto

- Cubano de Geodesia y Cartografía, pp. X 2.4.
- Núñez, N. y A. Graña (1989): Carsología escala. En Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Instituto de Geografía de la ACC e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, pp. V 1 2-3.
- Orellana, R. G. y J. Moreno (2001): Susceptibilidad de los suelos cubanos a la degradación. En Memorias, XV Congreso Cubano de las Ciencias del Suelos, La Habana.
- Pejon, O.J., y L.V. Zuquette (1990): Evaluación del riesgo potencial de erosión de Piracicaba (Brasil). En VI Congreso Nacional y Conferencia Internacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, Brasil, Memorias Volumen II, pp.187 – 195.
- Planas, G. (1986): Pérdidas por erosión hídrica de los suelos de Cuba. Instituto de Hidroeconomía, 60 pp.
- PNUMA (2000): Guidelines for erosion and desertification control management. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente.
- Reyes, G. (2004): Diseño de una aplicación para el cálculo de la Ecuación de Universal de Pérdida de Suelos (USLE). En IV Congreso Internacional de Geomática, La Habana, Memorias. [CD ROM] ISBN 959-237-117-2
- Riverol, M. (1989): Erosión actual. En Nuevo Atlas Nacional de Cuba, Instituto de Geografía de la ACC e Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, pp. IX 1.4
- Ruiz, M. E., D. Gabriels, et al. (2006): Aplicación de Rusle en la Cuenca V Aniversario (Río Cuyaguaje) en la zona occidental de Cuba. En VI Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, La Habana, Memorias, CD – ROM Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo, ISBN 959-7023-35-
- Shepashenko, G., M., Riverol, y N. Calzada (1984): La erosión hídrica y los métodos de combatirla en los países en vías de desarrollo con clima tropical y subtropical y subtropical. Reporte de Investigación. No.10, Instituto de Suelos, Academia de Ciencias de Cuba ISACC (10): 40 pp.
- Terra. (1999): La erosividad cualidad de la lluvia poco conocida. Terra XV(24):97 [citado 11 enero 2005] Disponible en Internet: URL <<http://www.revele.com.ve/programas/indice/ria.php?id=11375&rev=terra>>
- Valdés, J.J. (1975): La conductividad hidráulica anisotrópica y su relación con el carso. Voluntad hidráulica, 33:15-18.
- Vega, M., y J. M. Febles (2005): Investigación de suelos erosionados: métodos e índices diagnósticos. Minería y Geología, XXI(1-2).

Anexos.

Anexo 1 Gráfica de resultados estadísticos



Anexo 2

Tabla #1. Pérdidas de suelos en dolinas de la antigua provincia de La Habana.

	1986		1996		2006	
	3G volumen		3G volumen		3G volumen	
Dolina	(t/ha)	(m ³)	(t/ha)	(m ³)	(t/ha)	(m ³)
1	15,957	58060,80	17,820	71008,24	17,649	74977,35
2	17,631	12705,00	16,917	13407,45	20,208	17859,01
3	21,357	6720,00	22,128	9356,68	23,613	11351,81
4	14,847	45743,77	14,244	47910,20	14,262	50402,04
5	10,011	26880,00	8,355	24004,68	11,910	36238,26
6	9,390	12348,00	9,729	132447,18	10,425	144986,62
7	10,686	21471,45	17,142	35873,90	12,042	25739,07
8	12,024	26880,00	10,029	25930,80	12,381	33773,35
9	9,012	8872,50	10,143	16993,20	10,668	19019,10
10	10,725	23625,00	11,514	27391,98	12,306	30343,95
11	16,068	7875,00	20,226	11576,25	19,419	12475,05
12	13,038	15120,00	13,077	17294,91	14,319	20584,20
13	16,653	15120,00	18,120	18162,90	18,816	20322,54
14	10,275	11340,00	11,628	14126,70	13,038	16406,25

G Estimación de la capacidad de transporte por flujo superficial

Anexo 3



Fotografía 1(Autor L. Zamora). Presencia de una caverna a profundidad de dos metros rellenas por suelos de la superficie, se puede apreciar que la potencia de la caverna es de 50.cm, véase además como las rocas suprayacentes se encuentran carsificadas



Fotografía 2 (Autor L. Zamora). Presencia de caverna (0.5 m) rellena con suelo de la superficie a 6 m de profundidad, obsérvese como la roca subyacente acusa la acción cársica



Fotografía 3 (Autor L. Zamora). Caverna rellena por suelo de la superficie, a una profundidad de 1.5 m.

Anexo 4



Fotografía 4 (Autor L. Zamora). Dolina con desarrollo, véase como es favorecida por la desforestación practicada.



Fotografía 5 (Autor L. Zamora). Dolina pequeña con algún grado de desarrollo en el área de estudio



Fotografía 6 (Autor L. Zamora). Dolina grande donde el agua se infiltra conjuntamente con la capa edáfica.



Fotografía 7 (Autor L. Zamora). Sumidero cársico, observe como la erosión ha ido socavando la roca y el nivel del suelo ha descendido.



Fotografía 8 (Autor L. Zamora). Otra Dolina cársica, obsérvese donde se encontraba en nivel del suelo y como ha descendido.

Anexo 5

Columna litológica donde se observa la infiltración de suelos en cavernas

COLUMNA LITOLÓGICA ENIA NIDONS ESTABLECIMIENTO 2º CIENFUEGOS						CALA No.143 COORDENADAS: X= 887719.28 Y= 230058.28 Z= 20.60		ANEXO No. 32157 FECHA DE PERFORACION INICIO: 04/03/02 TERMINACION: 04/03/02				
OBRA: ZANCA CAMPONERA CON- SITUACION: JURAGUA, CENFUEGOS												
Cota NF y calizales (m)	Base de vertical (m)	Profundidad NF y sondas (m)	No. muestra	Muestreador	Calizales/30 cm	SIMBOLOGIA	DESCRIPCION	REPRESENTACION GRAFICA No golpes/30 cm 35 0 % Recuperación % 20 40 60 80 100				
10.20	1	1.40	1	AS	—		Suelo arena arcillosa en sectores arcillo arenosa, con pequeñas pedregones ferruginos, gravas de cuarzo, elíptico, ocasionalmente calcáreo, de plasticidad media, de consistencia variable desde dura hasta muy dura, color carnalito rojizo a cere.					
			2	SS	58							
			3	SS	22							
			4	SS	48							
11.80	2	3.00	5	AS	—		Suelo arena limo arcillosa, con abundantes gravas y fragmentos de roca caliza, de plasticidad baja, calcáreo, de densa a muy densa, color crema amarillento claro.					
			6	AS	—							
			7	AS	—							
			8	AS	—							
15.00	3	5.60	9	AS	—		Aparecen nódulos y concreciones de carbonato. A partir de 1.55 m aumenta el contenido de gravas y fragmentos de roca llegando a suelo gravoso.					
			10	AS	—							
			11	AS	—							
			12	AS	—							
15.00	4	5.60	13	AS	—		Roca caliza orgánica de arena fina a media, alterada, agrietada y muy carbonizada, con numerosas oquedades y cavernas cónicas, de dureza baja a media, color blanco crema. Las cavernas alcanzan hasta 50 cm de ancho y 45 cm de alto. Algunas cavernas están rellenas de suelo. Aparecen algunas granos de cuarzo. Entre 3.0—5.0 m se producen caídas del tren de varillas (posible zona de cavernas) así como fuga total de agua.					
			14	AS	—							
			15	AS	—							
			16	AS	—							
			17	AS	—							
			18	AS	—							
			19	AS	—							
OBSERVACIONES: NO SE OBSERVO EL NIVEL FREATICO							LEYENDA (Ø Interior) en mm SS Cochera (88.0) EL Limpiador (63.0) NL Limpiador (75.0) SN Suelo (75.0) UN Universal (1.0) OS Osterberg (84.0) NL Rotario (87.0) WL Wire Line		MUESTREADORES RUSOS Simple tubo Debe tubo AS (73) AD (73) SS (88) SD (88) OS (108) OS (108) DS (127) DS (127) ES (148) ES (148) AL Alehenki			
Fecha de confección: 05/04/02							CONFECCION: Ing. Gilberto Lozano García		RESPONSABLE DE INVESTIGACION: Téc. Armando Estévez Suárez		REVISOR: Ing. Jaelle Alonso Ortiz	
											NF Nivel Freático	

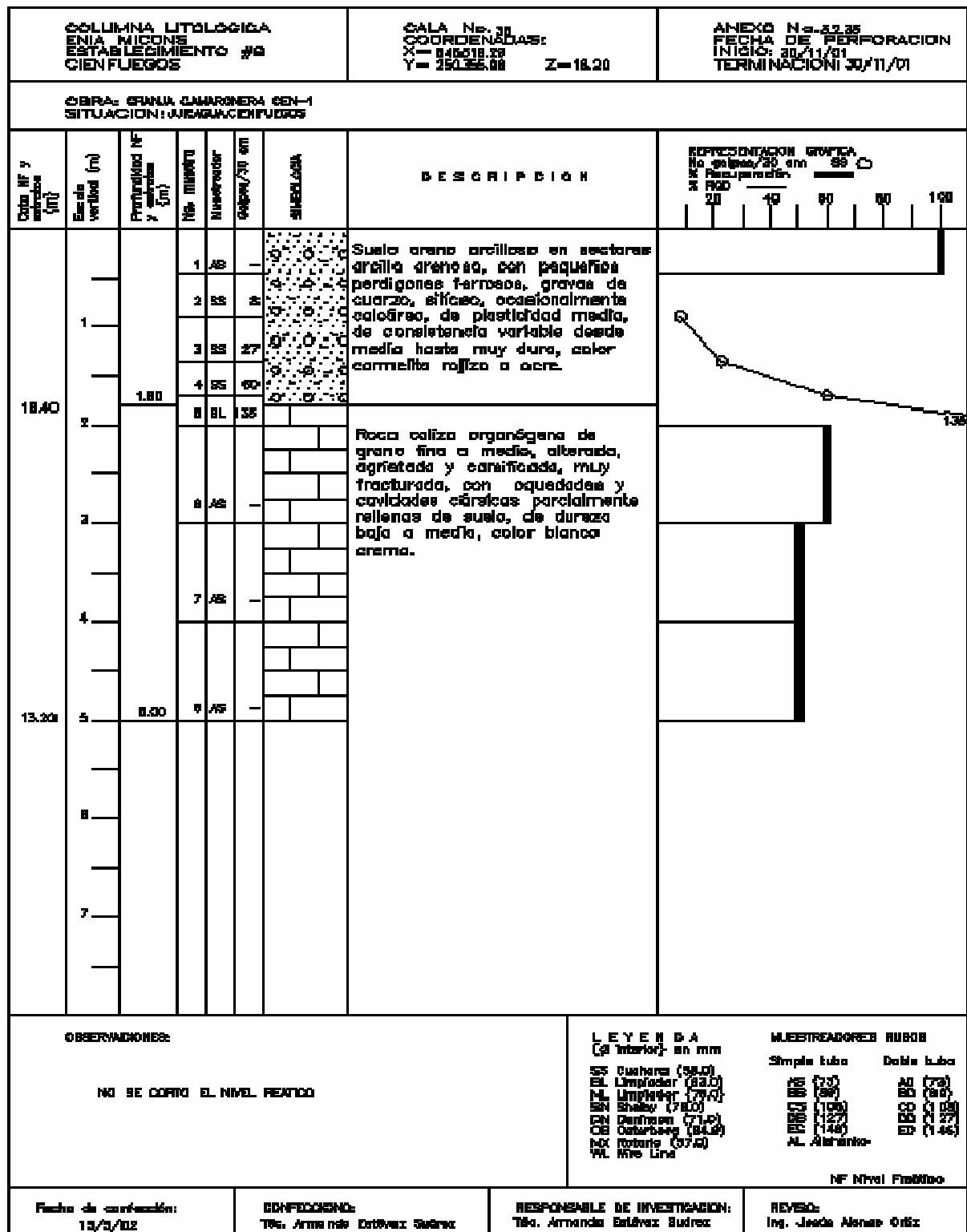
Anexo 6

Columna litológica donde se observa la infiltración de suelos en cavernas

COLUMNA LITOLOGICA ENIA MICONS ESTABLECIMIENTO #8 CIENFUEGOS						CALA No. 35 COORDENADAS: X= 546518.28 Y= 282488.52 Z = 15.68		ANEXO No. 3.2.34 FECHA DE PERFORACION INICIO: 30/11/01 TERMINACION: 30/11/01			
OBRA: GRANJA CAJONERA DEN-1 SITUACION: JURUA, CIENFUEGOS											
Cota NF y aperturas (m)	Escala vertical (m)	Profundidad NF y aperturas (m)	No. muestra	Muestreador	Gal psv/30 cm	SMELLSSIA	DESCRIPCION	REPRESENTACION GRAFICA No golpes/30 cm SS ○ % Roca-perforación % Roca			
15.51	1	3.15	1	AS	—		Suelo areno arcilloso en sectores arcilla arenoso, con pequeños pedregales ferruginosos, gravas de cuarzo, silíceo, ocasionalmente calcáreo, de plasticidad media, de consistencia variable desde firme hasta muy dura, color carnalita rojizo a ocre.				
			2	SS	8						
			3	SS	7						
			4	SS	8						
	2		5	SS	11		Entre 2.15 y 3.15 m el suelo aparece más arenoso con abundantes gravas de cuarzo de diferentes tamaños que oscilan entre 1.0 y 5.0 cm.				
			6	SS	18						
	4		3	7	SS	48			Roca caliza organógena de grano fino a medio, alterada, agrietada y carbonizada, con cavernas y aqueudades cársicas rellenas o parcialmente rellenas de suelo, de dureza baja a media, color blanco crema. Con abundantes granos de cuarzo. Al final la roca se presenta muy dura y compacta.		
				8	BL	76					
			5	4	9	AS	—				
					10	AS	—				
12.65	6	8.00	10	AS	—						
7											
OBSERVACIONES:							LEYENDA (Ø Interior) en mm				
NO SE CORTÓ EL NIVEL REACTIVO							SS Cusihara (18.0)			NUESTREADORES RUSOS	
							BL Limpicador (63.6)			Simple tubo Doble tubo	
							NL Limpicador (78.0)			AS (73) AB (73)	
							SN Shaley (76.0)			BS (80) BB (80)	
							DN Deninson (71.0)			CS (108) CB (108)	
							OB Osterberg (64.6)			DS (127) DB (127)	
							NX Roberto (57.0)			ES (146) EB (146)	
							WL Wire Line			AL Arshanka	
										NF Nivel Freático	
Fecha de confección: 15/5/02			CONFECCIONO: Téc. Luis Zamora Gerañiz			RESPONSABLE DE INVESTIGACION: Téc. Amanda Estévez Suárez			REVISO: Ing. Jesús Alonso Ortiz		

Anexo 7

Columna litológica donde se observa la infiltración de suelos en cavernas



Anexo 8

Columna litológica donde se observa la ocurrencia de infiltración em cavernas

COLUMNA LITOLÓGICA EN LA MISION ESTABLECIMIENTO #9 CIEN FUEGOS						GALA No. 37 COORDENADAS: X= 646018.28 Y= 280495.62 Z=19.00						ANEXO No. 3-2-26 FECHA DE PERFORACION INICIO: 28/11/01 TERMINACION: 28/11/01																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																		
OBRA: GRANJA CANADIANA GEN-1 SITUACION: JUAN GUACIEN FUEGOS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
Cota NF y metros (m)		Escala vertical (m)		Profundidad NF y espesor (m)		No. muestra		Muestreador		golpes/30 cm		SIMBOLOGIA		DESCRIPCION				REPRESENTACION GRAFICA No. golpes/30 cm 30 0 % Recuperación 20 40 60 80 100																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
13.07	1	3.90	1	AS	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									