



JOSÉ MARTÍ PÉREZ

**FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
DEPARTAMENTO DE AGRONOMÍA**

TRABAJO DE DIPLOMA

**Estrategia para el manejo y conservación de suelos
dedicados a caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.)
en la UBPC Tayabacoa.**

Autor: Jorge Islay Rodríguez Pérez.

Tutor: MSc. Ing. Agrónomo Irán Rodríguez Delgado.

Curso 2011-2012.

PENSAMIENTO.

La vida debe ser diaria, movible, útil y el primer deber de un hombre de estos días es ser un hombre de su tiempo.

No aplicar teorías ajenas, sino descubrir las propias.

José Martí.

DEDICATORIA.

- *A mis padres, por guiarme toda la vida por caminos seguros a pesar de las dificultades.*
- *A mi hija, por ser mi mayor inspiración en esta ardua tarea de varios años.*
- *A mi esposa, por dar sobre todas las cosas, apoyo incondicional en mis estudios.*

AGRADECIMIENTOS.

- *Al colectivo de profesores de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sancti Spíritus.*
- *A mi tutor MSc Irán Rodríguez Delgado por la dedicación en la guía de la investigación realizada.*
- *A la Revolución por permitirme estudiar en lo más puro de su seno, con la guía de nuestro Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz.*

RESUMEN.

La demanda, cada vez mayor, de alimentos para la población ha conducido a la explotación intensiva de las tierras agrícolas. Uno de los principales problemas ambientales identificados en Cuba es la degradación de los suelos, que afecta la mayor parte de la superficie agrícola del país. El trabajo se realizó con el objetivo de proponer una estrategia para el manejo y conservación de suelos que posibilite la mitigación de su degradación en áreas cañeras de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Tayabacoa. La investigación abarcó los cuatro lotes cañeros que conforman la unidad productora. Se efectuó caracterización general del agroecosistema y evaluación de factores edáficos limitantes de la producción para cada UMMA utilizándose las normas metodológicas (INICA, 2003) y los datos se procesaron en Sistema de Información Geográfica (SIG). Se propuso la aplicación de una estrategia que posibilite el manejo y conservación de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en la unidad productora. Se concluyó que se presenta una alta variabilidad de agrupamientos de suelos que incide en diferenciación de las causas que provocan la degradación de los suelos en cada campo de caña de la unidad productora, que los factores edáficos limitantes de la producción cañera que mayor afectación presentan son pendiente ondulada (45,3%), mal drenaje (42%), poca profundidad efectiva (35,8), compactación (33,8%) y erosión (23,4%) y la implementación de la estrategia elaborada en esta investigación, para el periodo 2012-2016, permitirá mitigar los efectos de la degradación del suelo en la UBPC Tayabacoa.

ABSTRACT.

The claim, each major time, of foods for the population has conducted to the intensive exploitation of the agricultural farmers. One of the main identified environmental problems in Cuba is the degradation of the soils, that affectionate the majority of the agricultural surface of the country. The work was carried out with the objective to propose a strategy for the handling and soil conservations that facilitates the mitigation of your degradation in sugar cane areas of the Basic Unit for Cooperative Production (UBPC) Tayabacoa. The investigation hatched the four sugar cane dealer lots that agree the productive unit. Carried out general characterization of the agro ecosystem and evaluation of edaphic factors limiting of the production for each UMMA by using the methodological norms (INICA, 2003) and the data were prosecuted in of geographical information system (GIS). Proposed the application of a strategy those facilitate the handling and conservation of the soils dedicated to the cultivation of the sugar cane in the productive unit. It concluded that a high variability of gatherings is presented of soils that fall in differentiation of the causes the degradation of the soils in each field of cane of the productive unit, that the edaphic factors limiting of the sugar cane production that major affectation presents are pendent undulated (45,3%), wrong drainage (42%), little working depth (35,8), compressing (33,8%) and erosion (23,4%) and the implementation of the elaborate strategy in this investigation, for the period 2012-2016, will permit mitigate the effects of the degradation of the soils in the UBPC Tayabacoa.

ÍNDICE

Resumen.

Introducción	1
1.Capítulo I. Revisión bibliográfica. Marco teórico referencial de la investigación	6
1.1 Agroecosistema cañero.....	6
1.1.1 La caña de azúcar en Cuba.....	6
1.1.1.1 Breve reseña histórica	6
1.1.1.2 Morfología de la caña de azúcar.....	7
1.1.1.3 Surgimiento y evolución de las UBPC Cañeras.....	7
1.1.1.4 Agrotécnica de la caña de azúcar.....	8
1.1.1.4.1 Preparación de suelos y surque.....	8
1.1.1.4.2 Labores de cultivo.....	9
1.1.1.5 Maquinaria agrícola.....	10
1.1.1.6 Sistema de Información Geográfica (SIG).....	11
1.1.1.7 Degradación de suelos.....	11
1.1.1.7.1 Factores limitantes y la degradación de suelos cañeros.....	13
1.2 Factores edáficos limitantes en la agricultura cañera.....	14
1.2.1 Profundidad efectiva.....	14
1.2.2 Textura.....	16
1.2.3 Drenaje.....	16
1.2.4 Inclusiones.....	16
1.2.4.1 Graviliosidad.....	17
1.2.4.2 Pedregosidad.....	17
1.2.4.3 Pedregones.....	17
1.2.5 Tipo de erosión.....	17
1.2.6 Compactación.....	18
1.3 Manejo y conservación del suelo.....	19
1.3.1 Subsoliación.....	19

1.3.2 Cultivo de descompactación.....	20
1.3.2.1 Cultivo profundo.....	20
1.3.2.2 Cultivo tradicional.....	20
1.3.3 Cobertura del suelo.....	20
1.3.4 Barreras físicas para el control y encauzamiento de la escorrentía.	21
1.3.5 Rotación e intercalamiento de cultivos.....	22
Capítulo II. Materiales y métodos.....	24
2.1 UBPC Tayabacoa.....	24
2.1.1 Ubicación y límites fisiográficos.	24
2.1.2 Misión.....	25
2.1.3 Visión.....	25
2.1.4 Estructura organizativa.....	25
2.1.5 Recursos humanos.....	26
2.2 Procedimiento de investigación.....	26
2.2.1 Evaluación de factores edáficos limitantes de la producción agrícola...	27
2.2.2 Diagrama de Pareto.....	28
Capítulo III. Resultados y discusión.....	29
3.1 Caracterización general de la UBPC Tayabacoa.....	29
3.1.1 Distribución de suelos.....	29
3.1.2 Uso del suelo.....	30
3.1.3 Precipitaciones.....	31
3.1.4 Tecnologías empleadas para efectuar las labores a la caña.....	32
3.1.5 Preparación de tierras y surque.....	32
3.1.6 Rendimiento agrícola.....	33
3.1.7 Atenciones culturales.....	33
3.1.8 Situación económica.....	34
3.2 Evaluación de factores edáficos limitantes de la producción cañera.....	35
3.2.1 Profundidad efectiva.....	35
3.2.2 Pendiente del terreno.....	37
3.2.2.1 Orientación de los surcos.....	39

3.2.3 Textura.....	41
3.2.4 Drenaje.....	43
3.2.5 Gravillosidad.....	45
3.2.6 Pedregosidad.....	47
3.2.7 Tipo de erosión.....	48
3.2.8 Compactación del suelo.....	50
3.2.9 Diagrama Pareto.....	52
3.3 Estrategia para el manejo y conservación de suelos en la UBPC Tayabacoa.....	54
3.3.1 Surque perpendicular a la mayor pendiente.....	54
3.3.2 Nivelación y siembra en semi-bancos.....	54
3.3.3 Cobertura de paja.....	55
3.3.4 Cultivo tradicional y profundo.....	55
3.1.5 Barreras físicas.....	56
4. Conclusiones generales.....	70
5. Recomendaciones.....	71
6. Bibliografía	
7. Anexos	

INTRODUCCIÓN.

La demanda, cada vez mayor, de alimentos para la población ha conducido a la explotación intensiva de las tierras agrícolas; generalmente basada en la mecanización con tractores y arados inadecuados para una u otra condición de suelo. Lo que ha generado un agudo proceso de degradación, manifiesto en las pérdidas de nutrientes y suelo, originado por el golpeteo de las gotas de lluvia y la escorrentía, causa fundamental de la pérdida de capacidad productiva de los suelos cultivados (FAO, 1994).

La declaración de Río de medio ambiente y desarrollo, establece como primer principio que los seres humanos son el centro de interés para el desarrollo sostenible, para lo cual la protección ambiental debe constituir una parte integral del proceso de desarrollo y no una parte aislada de este.

La agricultura, para ajustarse a los principios de la cumbre de Río, deberá garantizar conjuntamente con la obtención de elevados rendimientos por los cultivos, mejorar o al menos conservar la fertilidad de los suelos, evitar la contaminación de la biosfera y minimizar el desgaste de los recursos naturales del planeta, pues hasta el presente la influencia de la agricultura sobre el medio ambiente ha sido negativa.

Según Cuellar *et al.* (2002) la contaminación ambiental constituye en la actualidad uno de los problemas más acuciantes de nuestro planeta; encaminar los esfuerzos hacia la disminución de los efectos que acarrea debe ser una prioridad en el orden administrativo y técnico. En este entorno, el desarrollo agrícola impone cada día una mejor utilización de la naturaleza y los recursos que ella nos brinda.

Para la FAO (1997) la única vía de lograr una agricultura sostenible y un alto desarrollo rural, es a través del manejo y conservación de la base de los recursos naturales, la orientación del cambio tecnológico e institucional y la manera de asegurar la continua satisfacción de las necesidades humanas para las generaciones actuales y futuras, para lo cual deben cumplirse tres aspectos fundamentales: Aumentar la producción agrícola para asegurar que todas las personas tengan acceso a los alimentos que necesitan, mejorar el bienestar de las mismas en conformidad con sus aspiraciones sociales y culturales, y proteger y

conservar la capacidad de la base de recursos naturales para seguir proporcionando servicios de producción, ambientales y culturales.

Balmaceda y Ponce de León (2009) plantean que Cuba es un país eminentemente agrícola y por mucho tiempo lo seguirá siendo. El problema de la producción de alimentos para una población cada vez más creciente sólo se podrá resolver mediante una agricultura basada en principios científicos, esto puede traducirse en términos más actuales, en agricultura basada en la sostenibilidad.

El documento de desarrollo sostenible y recursos naturales con referencia a la Agenda 21 Cubana (Agenda 21, 2004) expresa que en la Estrategia Nacional Ambiental de Cuba se han identificado entre los cinco principales problemas ambientales, cuatro que se relacionan directa o indirectamente con la actividad agropecuaria y forestal (la degradación de los suelos, la deforestación, la contaminación de aguas terrestres y marinas, y la pérdida de la diversidad biológica).

Cassman y Liska (2007) exponen que el suelo constituye el cuarto elemento indispensable para la vida y se le considera Patrimonio Universal de la Humanidad; por tanto debe explotarse utilizando métodos adecuados de conservación y mejoramiento, para evitar su acelerada degradación y lograr producciones estables, sostenidas y rentables.

La degradación del suelo es un asunto muy importante para todos los países debido a sus impactos adversos en la productividad de la tierra, seguridad alimentaria, el cambio climático global, el mantenimiento medio ambiental y finalmente en la calidad de vida. Existen extensas áreas consideradas como ecosistemas frágiles, en las cuales los procesos degradativos de los suelos se manifiestan en diferentes magnitudes, siendo la erosión, desertificación, salinización, compactación, contaminación, sequía, exceso de humedad, acidificación, pérdida de materia orgánica; problemas actuales que amenazan con destruir la fertilidad del suelo, recurso natural que requiere de un periodo de formación tan prolongado, que puede considerarse no renovable.

Una de las alternativas para mitigar el problema de la degradación de los suelos es trabajar por evaluar y monitorear la calidad de los mismos. Para ello, es

necesario contar con una sólida concepción de la calidad y con indicadores de calidad o salud del suelo y de manejo sostenible de la misma, tal como se cuenta para dar seguimiento a variables sociales y económicas (Karlen *et. al.*, 1997; Reyes, 2007).

Las estrategias tecnológicas generadas para el manejo y conservación de suelos y aguas, a menudo no son adaptadas a los beneficiarios, principalmente por la falta de su participación en el proceso de *diagnóstico, planificación y ejecución de acciones* (FAO, 1997).

La planificación científica del uso y manejo de los recursos naturales, materiales y humanos en la agricultura y particularmente para el cultivo de la caña, requiere de una adecuada información sobre las condiciones naturales, la geografía física del territorio, el suelo, el clima y su respuesta a las condiciones edafoclimáticas.

En Cuba el cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) ocupa actualmente más del 35% del territorio agrícola nacional y sigue siendo una de las principales fuentes de ingreso de la economía, abarca variados tipos de suelos, relieve, condiciones climáticas diversas y está sujeto a la acción del hombre (antrópica), lo que da lugar a una extraordinaria variedad de factores que influyen directamente en la productividad de la caña de azúcar y el acortamiento de su ciclo de reposición, en muchas ocasiones a solo 3 ó 4 años (Cuellar *et al.*, 2002; Balmaseda y Ponce de león, 2009).

En nuestro país a pesar de la larga trayectoria cañera y de los esfuerzos realizados por la máxima dirección del país por desarrollar y consolidar la producción de caña de azúcar, los resultados productivos de su componente fundamental (rendimiento agrícola) han sido históricamente bajos, exceptuando los años finales de la década del 80, evidenciándose la ausencia de un uso correcto de las labores a realizar a las plantaciones y de un buen manejo de la técnica (Socorro, 2004).

En el agroecosistema Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Tayabacoa, perteneciente a la Unidad Empresarial de Base (UEB) Melanio Hernández de la Empresa Azucarera Sancti Spíritus, las condiciones de topografía ondulada predominante en sus áreas cañeras la hace susceptible a las pérdidas

de suelo por erosión, además no se aplican medidas anti-erosivas que eviten el golpe directo de las gotas de lluvia sobre el suelo desnudo y la disminución de la velocidad del agua de escorrentías, por lo que es arrastrada aquella porción del suelo que más influye en su fertilidad y afectándose de forma general las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, además no cuentan con una estrategia definida que posibilite efectuar el manejo y conservación del suelo para cada Unidad Mínima de Manejo Agrícola (UMMA), o sea campo de caña, afectándose la producción agrícola, limitándose las potencialidades de este recurso natural para las presentes y futuras generaciones

Problema científico.

En la UBPC Tayabacoa no se ha elaborado una estrategia para el manejo y conservación de suelos cañeros que posibilite mitigar su degradación.

Objetivo general.

Elaborar una estrategia para el manejo y conservación de suelos que posibilite la mitigación de su degradación en áreas cañeras de la UBPC Tayabacoa.

Objetivos específicos.

1. Realizar caracterización general de la UBPC Tayabacoa.
2. Evaluar los factores edáficos limitantes de la producción cañera para cada Unidad Mínima de Manejo Agrícola en la UBPC Tayabacoa.
3. Proponer la aplicación de una estrategia que posibilite el manejo y conservación de los suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar en la UBPC Tayabacoa.

Hipótesis.

La implementación de una estrategia para el manejo y conservación de suelos dedicados al cultivo de la caña de azúcar contribuirá a mitigar su degradación en la UBPC Tayabacoa.

Valor teórico.

Se manifiesta por los resultados de la construcción del marco teórico y referencial, a partir de un análisis de los problemas que inciden en la degradación de los suelos y que repercuten en la sostenibilidad de la UBPC Tayabacoa, además del estudio de los principales factores edáficos limitantes de la producción cañera, a partir de las Normas Metodológicas para el Estudio Integral de la Caña de Azúcar, así como el establecimiento de una estrategia para el manejo y conservación de suelos que posibilite la mitigación de las afectaciones al suelo y el aumento de la producción agrícola.

Valor práctico.

Se corresponde con la determinación de la problemática en relación con la degradación de los suelos a través del empleo de herramientas que posibilitan de forma participativa, que los actores y decisores del proceso de producción en la UBPC Tayabacoa identifiquen los principales problemas que afectan la sostenibilidad del sistema a largo plazo y el establecimiento en las áreas dedicadas a caña de azúcar de una estrategia encaminada a establecer por UMMA las prácticas agrícolas que se requiere a partir de la problemática detectada y que permitirá la conservación y mejoramiento del recurso suelo, como necesidad imperiosa en estos momentos y que incide de forma significativa en la preservación de las potencialidades del recurso suelo para las presentes y futuras generaciones.

Capítulo I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

1.1 Agroecosistema cañero.

1.1.1 La caña de azúcar en Cuba.

1.1.1.1 Breve reseña histórica.

La caña de azúcar, desde los albores de nuestra nación, ha estado estrechamente ligada a nuestra economía. Esta exuberante planta, a pesar de no ser indígena de Cuba, encontró en nuestra isla un hábitat idóneo para su establecimiento y desarrollo (Martín *et al.*, 1987).

Este cultivo, como especie, pese a su gran adaptabilidad para su subsistencia y desarrollo, depende de un conjunto de condiciones ecológicas que determinan su hábitat (Sulroca, 1981).

Según Acosta (1996) la actividad azucarera comenzó con la introducción de la caña de azúcar por los españoles en 1516, cuando es introducida por Diego Velásquez y la primera variedad fue la llamada "Criolla", o "De la tierra".

La agroindustria azucarera tuvo un desarrollo de gran dinamismo y Cuba junto con otros territorios del Caribe, devino la "azucarera mundial"; es decir, la producción de azúcar para el mercado mundial tenía lugar principalmente en nuestro país y en otras islas vecinas. A principios de la segunda década del siglo XX, la agroindustria azucarera cubana entró en un estancamiento de su desarrollo, determinado por diversos factores que contrajeron la demanda del dulce cubano en el mercado mundial (Nova, 2000).

La industria azucarera en Cuba ha sufrido un proceso de redimensionamiento, descapitalización y profunda depresión, donde se mantiene como telón de fondo la baja producción y rendimientos en el cultivo, a pesar de que datos conservadores de la evaluación de las tierras dedicadas a este cultivo, muestran que es posible producir en condiciones de secano, más de seis y medio millones (6,5 MM) de toneladas de azúcar en aproximadamente un millón de hectáreas (1MM ha), de las tierras aptas. De su recuperación, y el logro de una estabilidad necesaria, depende en mucho el futuro de grandes extensiones de tierras dedicadas al cultivo, evitando la aplicación de políticas pasadas que reforzaban el monocultivo y la alta dependencia de insumos.

1.1.1.2 Morfología de la caña de azúcar.

Según Santana *et al.* (2007) la caña de azúcar, planta del género *Saccharum*, familia *Poácea*, se cultiva en Cuba desde hace más de cuatro siglos y constituye la base de la agroindustria azucarera cubana como híbrido de las especies *officinarum* y *spontaneum*.

Además plantean que los canutos o secciones que conforman el tallo tienen longitudes, formas y grosores variables según la variedad y las circunstancias experimentadas en su desarrollo, así por ejemplo, canutos más cortos constituyen un indicador de que las plantas han estado sometidas a estrés por sequía u otros factores limitantes. Las hojas (lámina y vaina, separadas por el dewlap o cuello), ubicadas alternativamente en los canutos son alargadas, unidas al canuto por la vaina, que posee un apéndice membranoso llamado lígula, de considerable valor identificativo. Su ancho puede variar considerablemente según el cultivar o variedad y el número aumenta con la edad de la planta. Su sistema radical está conformado por numerosas raíces que se distribuyen aproximadamente el 75 % de ellas entre los 20 y 40 cm. de profundidad y pueden llegar hasta 60 cm o más.

1.1.1.3 Surgimiento y evolución de las UBPC cañeras.

Hasta 1992 las unidades de producción cañera dentro del movimiento cooperativo representaban 21 % de la superficie total controlada por nuestro organismo, con dos tipos de unidades: las llamadas Cooperativas de Producción Agropecuarias (CPA) originadas por la fusión de propietarios privados en una unidad de propiedad colectiva, y las Cooperativas de Crédito y Servicios (CCS) constituidas por campesinos privados que se unen en cooperativa para determinadas actividades pero conservando cada cual la propiedad de sus tierras; a partir de los acuerdos del Buró Político en 1993 con la creación de las UBPC esta relación cambia radicalmente y el movimiento cooperativo pasa a controlar 92 % de la superficie total vinculada a la agricultura cañera (Sulroca, 1999).

Pérez y Torres (1999) consideran que la creación de las UBPC a partir de septiembre de 1993 lleva a una reestructuración de fondo a la agricultura estatal cubana y se centra ante todo en el problema de la propiedad, con excepción de la

propiedad sobre la tierra, la nueva entidad económica surge de la necesidad de reformar la agricultura estatal centralizada y vertical, mayoritariamente ineficiente e irrentable, por un nuevo modelo que tienda a incentivar a la fuerza laboral para incrementar la producción y optimizar los gastos.

Para la creación de las UBPC se tuvieron en cuenta los resultados positivos obtenidos por el movimiento cooperativo en el sector no estatal, tomando muchos de sus principios como base para las transformaciones del sector estatal (Sulroca, 2000).

Figuroa (1994) define a la UBPC como una organización colectiva para la producción comercial y de autoconsumo, que administra los recursos disponibles orientando sus acciones a la producción directa, a fin de minimizar los gastos de trabajo vivo y de recursos materiales y financieros, con el fin de maximizar los incentivos más inmediatos: el autoconsumo y el beneficio final, que le aseguren la autosuficiencia alimentaria.

La intensificación de la agricultura es la tarea pendiente de las diferentes formas organizativas de la producción que se han experimentado en este sector. Las UBPC no se exceptúan de este reto, sino que nacen con este compromiso y su objetivo fundamental es el incremento sostenido en cantidad y calidad de la producción agropecuaria, el empleo racional de los recursos de que dispone y el mejoramiento de las condiciones de vida y de trabajo de sus miembros (Pérez y Torres, 1999).

1.1.1.4 Agrotecnia de la caña de azúcar.

1.1.1.4.1 Preparación del suelo y surque.

Considerando las lluvias y la humedad resultante como parámetro de restricción de operaciones en las áreas de fomento, las labores de preparación de suelos pueden iniciarse desde noviembre del año anterior a la campaña, mientras en las de reposición tan pronto como queden liberados los bloques. En «condiciones de secano», todas las tierras del plan de «siembra de primavera» deben estar en movimiento antes del 30 de abril a un nivel que se corresponda con la merma en la capacidad de trabajo de la maquinaria en Mayo y Junio (época lluviosa), que

apenas permite concluir la surquería y para la campaña de «siembra de frío» 80 % antes del 31 de agosto (Santana *et al.*, 2007).

Por otra parte estos autores plantean que la secuencia y momento de las operaciones de preparación dependerá de las condiciones del suelo, tratando de aprovechar en la rotura la humedad posterior a la cosecha y utilizando el rocío, humedad ambiental y los cambios de temperatura como elementos facilitadores de la fragmentación de terrones. Conjugando estos factores, en una preparación ideal de suelos se comenzará con el descepe inmediatamente después del corte de la caña, se mantendrá el mayor tiempo posible los residuos de cosecha y raíces sobre la superficie del campo, protegiéndolo de la erosión y de los rayos solares y se surcará considerando una rápida plantación.

1.1.1.4.2 Labores de cultivo.

Después de la cosecha, rebrotan nuevos tallos y se comienza a desarrollar un nuevo sistema radical. Por ello, en suelos excesivamente compactados es importante realizar una labor que disminuya la dureza del suelo, reduciendo la energía necesaria para lograr el desarrollo de las nuevas raíces, lo que se traduce en sistemas radicales más amplios y mejor absorción de nutrientes. Paralelamente, la labor de descompactación conlleva a la mejora del drenaje del campo principalmente en áreas con problemas de hidromorfía. El área más importante para el desarrollo de las raíces se encuentra entre los de 10 y 20 cm., de profundidad, mientras que la que debe elaborarse para la destrucción de la posible compactación originada durante la cosecha se encuentra entre los 20 y 40 cm. Esto se debe generalmente al paso sucesivo de las cosechadoras y medios de transporte (Santana *et al.*, 2007).

Además argumentan en que la densidad aparente constituye el indicador más acertado para representar la compactación del suelo y consiste en la relación expresada en g/cm^3 entre la masa neta seca de un cilindro conteniendo suelo y su volumen. No obstante, su determinación es lenta y engorrosa para el productor que debe tomar la decisión de descompactar o no, con el gasto o ahorro que ello implica. Una forma más sencilla de evaluar la compactación es determinando el

índice de cono, que consiste en la presión necesaria para introducir en el suelo un penetrómetro con determinadas dimensiones midiendo el número de impactos con una magnitud dada que se requieren para idénticos propósitos.

1.1.1.5 Maquinaria agrícola.

El paso de la maquinaria sobre el suelo cuando este presenta consistencia plástica lleva al surgimiento de capas compactadas sub-superficiales, normalmente situadas entre 10 y 30 cm de profundidad y con un espesor de 10 a 15 cm. Esas capas ofrecen fuerte resistencia a la penetración de las raíces de las plantas y restringen la capacidad de infiltración de agua, disminuyen el espacio poroso y por ende del oxígeno disponible (aireación) y es menor el agua aprovechable por las plantas (Cabeda, 1984).

Aumentos de la densidad aparente por compactación en un 15 % de su valor en suelos cubanos pueden provocar deformaciones de las raíces de la caña de azúcar (Roldós, 1986), y con un 50 % se restringe el crecimiento radical (Benítez *et al.*, 1999).

La capa compactada tiene origen en la base de la capa arable. La profundidad en la que esa se encuentra tiene mayor o menor efecto sobre el desarrollo del cultivo, capas compactadas a diferentes profundidades tienen efecto negativo diferenciado sobre el rendimiento de los cultivos; el efecto es más negativo a 10 cm que a 20 o 30 cm de profundidad (Lowry *et al.*, 1970).

El laboreo con arados y gradas de discos, compacta la zona cercana a la superficie, formando lo que se llama “piso de arado”, especialmente cuando el suelo está húmedo (Sánchez, 2008).

La cosecha mecanizada de caña de azúcar y el paso de equipos de transporte por el mismo surco reportan los efectos más perjudiciales, sobre todo cuando esta se realiza en condiciones de alta humedad (Santana *et al.*, 2007).

Según Cuellar *et al.* (2003) una de las causas fundamentales responsable de la caída de los rendimientos agrícolas, está relacionada con la pérdida de la fertilidad física de los suelos, siendo la compactación su mayor exponente.

Es evidente, que ocurre un aumento de la densidad aparente y de la resistencia a la penetración, por una reducción de la macro porosidad, que causa efectos negativos sobre el desarrollo radicular, disminución de la actividad biológica e insuficiente aporte de oxígeno por mala ventilación del suelo, por lo que la tasa de infiltración disminuye, y los campos se erosionan o permanecen largo tiempo inundados (Sánchez *et al.*, 2007).

1.1.1.6 Sistema de Información Geográfica (SIG).

Sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para realizar la captura, almacenamiento, manipulación, análisis, modelización y presentación de datos referenciados espacialmente para brindar apoyo en la toma de decisiones sobre planificación y manejo del uso del suelo, medio ambiente, transporte y la solución de problemas complejos de planificación y gestión (De By *et al.*, 2004).

Según Bosque (1992) un SIG es un programa o sistema de computación en el que se representa un conjunto de mapas de la misma porción de territorio, donde un lugar concreto tiene la misma localización (las mismas coordenadas) en todos los mapas incluidos en el sistema de información. De este modo resulta posible realizar análisis de sus características espaciales y temáticas para obtener un mejor conocimiento de esa zona.

Los SIG en Cuba, entre otras aplicaciones, han sido empleados en el reordenamiento territorial de las áreas que hasta el año 2000 eran dedicadas al cultivo de la caña de azúcar y además en la toma de decisiones agrícolas de este cultivo a través de análisis espaciales. El instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) ha estado directamente vinculado a esta tarea.

1.1.1.7 Degradación de suelos.

La superficie del suelo se encuentra sometida a constantes cambios, pero estos se producen con mayor rapidez cuando el hombre, con sus prácticas agrícolas, industriales y otras, no toma en cuenta las normas elementales relacionadas con el manejo de los suelos (Fuentes *et al.*, 2004).

Los procesos de degradación de los suelos se encuentran asociados estrechamente a los factores climáticos y las actividades agropecuarias desarrolladas con tecnologías inapropiadas en tierras sumamente vulnerables (Alfonso *et al.*, 2004).

Se ha señalado con frecuencia la necesidad de enfrentar la problemática de la erosión del suelo de una manera integral, particularmente con la aplicación, el perfeccionamiento y la adecuación local, de una serie de medidas anti-erosivas sencillas, factible desde el punto de vista técnico y económico (Riverol, 2007).

En nuestro país, desde los primeros años del triunfo revolucionario ha sido una preocupación creciente del Estado Cubano la protección del Medio Ambiente y en especial el recurso Suelo, lo que se confirma desde la primera Ley de Reforma Agraria (17 de mayo de 1959), donde en su artículo 55 queda plasmada la misma al definir la conservación de suelos como de vital importancia, hasta las restantes leyes que se han promulgado como las Leyes 33 (10 de enero de 1981), 81 (11 de julio de 1997), así como los Decretos complementarios de ésta y del Artículo 27 de la Constitución de la República de Cuba (1976) (Ramis *et al.*, 1995).

Según Cuellar *et al.* (2003) uno de los principales problemas ambientales identificados en Cuba es la degradación de los suelos, que afecta la mayor parte de la superficie agrícola del país.

El proceso de degradación de suelos en Cuba en un alto porcentaje se manifiesta por un inadecuado manejo y explotación de los suelos, además de las condiciones climáticas, topográficas y edafoclimáticas existentes, que han dado lugar a la erosión entre fuerte a media, que ocupa una extensión de 2,9 millones de hectáreas (MMha), la salinidad, y sodicidad donde las áreas afectadas se encuentran alrededor de 1 MMha, la compactación con 1,6 MMha, pérdida de la materia orgánica y la fertilidad con alrededor de 4,7 MMha, y 3,0 MMha respectivamente y la acidez con un total de 3,4 MMha afectadas, entre otras (Instituto de Suelos, 2010).

1.1.1.7.1 Factores limitantes y la degradación de suelos cañeros.

La superficie agrícola de Cuba es de 6,9 millones de hectáreas y tres cuartas partes de ellas están afectadas por diferentes procesos de degradación que limitan el potencial de rendimiento de los cultivos, tales como erosión, mal drenaje, compactación, profundidad efectiva, pérdidas de fertilidad y bajo contenido de materia orgánica. Los pronósticos indican una tendencia al aumento de los niveles de degradación y su intensidad en los próximos 15 años, si no se toman medidas que frenen esos procesos negativos, a la vez que se crean condiciones para la rehabilitación paulatina de las áreas afectadas (Cuellar *et al.*, 2003) (Tabla 1).

Tabla 1. Porcentaje de áreas afectadas -actual y potencialmente- por procesos degradativos.

Proceso degradante	Área afectada (%)	
	2001	Pronóstico 2016
Salinidad y sodicidad	14,9	22,4
Erosión de fuerte a media	43,3	52,3
Mal drenaje	40,3	43,3
Mal drenaje interno	26,9	31,2
Baja fertilidad	44,8	52,3
Compactación elevada	23,9	28,4
Acidez (pH KCl < 6)	24,8	43,3
Baja retención de humedad	37,3	41,9
Pedregosidad y rocosidad	11,9	13,5
Muy bajo contenido de materia orgánica	69,6	77,7

Fuente: Instituto de suelos, 2001.

Según INICA (2003) varios son los elementos que controlan la productividad de los suelos, el uso de los fertilizantes solamente constituye uno de ellos, el conocimiento de los factores edáficos que limitan la producción, constituye la base

para un uso y manejo adecuado del suelo, con vistas a lograr su conservación y la obtención de altos rendimientos agrícolas, lo que sugiere que todos los factores que influyen en el cultivo afectan también en mayor o menor grado la capacidad de aprovechamiento de los nutrientes.

El conocimiento de los diferentes factores edáficos que inciden sobre el desarrollo del cultivo y su interacción con el clima constituyen la base para un uso y manejo adecuado del suelo (Shishov, 1975; Sulroca, 1980; Roldós, 1986; De León, 2006) y Hernández (1993) los agrupa en factores que resultan características edáficas naturales y factores que resultan de procesos de degradación del suelo por influencia antropogénica.

Los factores edáficos y fisiográficos son los factores derivados de las características físico-químicas y estructurales del suelo, es la parte del ambiente es muy importante en la agricultura, al constituir el substrato universal de los cultivos. En este grupo factores ambientales podemos citar los siguientes:

Fisiográficos: Elevación del terreno, declive, orientación y grado de la pendiente, ondulación del terreno, etc.

Edáficos: Profundidad efectiva, textura, drenaje, pedregones, pedregosidad, graviliosidad, tipo de erosión y compactación.

1.2 Factores edáficos limitantes en la agricultura cañera.

1.2.1 Profundidad efectiva.

Reynoso (1862) señaló que las tierras condenadas siempre a poseer poco fondo, jamás pueden ser tan útiles.

La profundidad efectiva es uno de los limitantes que más influye en el desarrollo radical de los cultivos y en el rendimiento agrícola de la caña de azúcar. Tiene una importante influencia en la disponibilidad de nutrimentos para las plantas, sobre todo el fósforo y potasio, aún en suelos bien abastecidos (Figura 1).

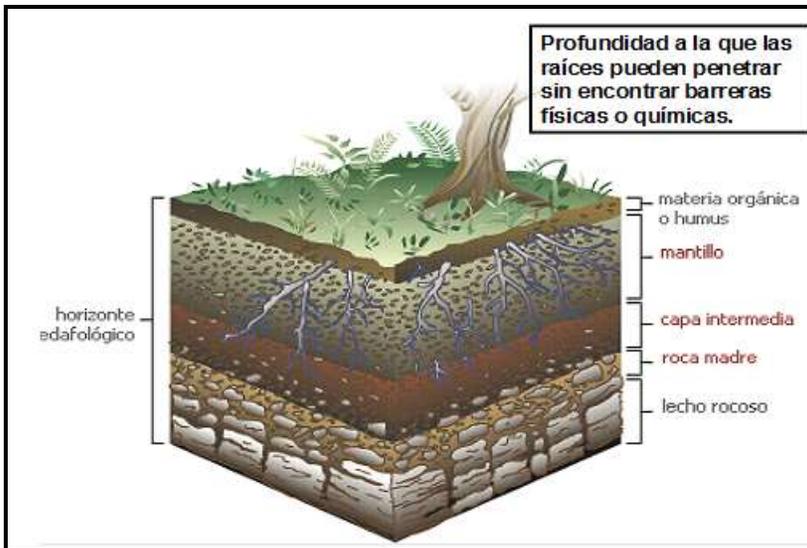


Figura 1. Esquema que representa la profundidad efectiva del suelo.

En las condiciones de Cuba, se ha observado que cuando la profundidad es menor de 20 cm, hay una brusca disminución de los rendimientos y cuando el espesor del suelo se reduce a 10 cm, la producción se reduce hasta un 70 %. A partir de los 60 cm, de profundidad, la relación con los rendimientos es mínima (De León, 2006).

Según INICA (2003) la profundidad efectiva determina el espesor de suelo que las raíces pueden penetrar de acuerdo con sus características botánicas, sin encontrar barreras o capas que limiten su desarrollo como pueden ser:

- a) Roca dura continua o arcilla basal muy consistente.
- b) Horizonte gleyzado o con síntomas de reducción (hidratado).
- c) Horizonte petroférico (mocarrero).
- d) Horizonte petrocálcico (coraza de carbonato).
- e) Capa con fuerte compactación/cementación.
- f) Horizonte con fuerte contenido de sales ($\geq 0,5$ de SST).
- g) Horizonte con alto contenido de sodio ($\geq 15\%$ de Na^+ intercambiable).
- h) Horizonte con alto contenido de fragmentos rocosos (más de 40% de la masa del suelo).

1.2.2 Textura.

La textura de un suelo está determinada por la proporción relativa de diferentes diámetros de partículas de la parte mineral, en función de las variaciones texturales en un perfil se puede predecir las propiedades físicas, profundidad efectiva, la erosión, fertilidad y productividad del suelo. Estos contenidos de partículas se pueden determinar por dos vías, mediante el análisis de composición mecánica en el laboratorio y por estimación de las clases texturales en el campo. Para la evaluación de este factor en el campo al nivel de UMMA el suelo se humedecerá hasta que alcance su máxima pegajosidad y plasticidad. Con una pequeña porción de suelo húmedo, se formará un cilindro al frotar la masa con ambas manos (INICA, 2003).

1.2.3 Drenaje.

Aunque la caña de azúcar se considera un cultivo tolerante al anegamiento esto provoca mermas considerables en la producción, directamente proporcionales al tiempo de duración, el tipo de suelo y el período de desarrollo del cultivo. El efecto principal sobre las plantas es la disminución del oxígeno necesario para el funcionamiento de las raíces. Al existir poco oxígeno y mucho dióxido de carbono disminuye la capacidad del sistema para la absorción de agua y nutrientes, afectándose el contenido de nitrógeno y potasio. Los contenidos de dióxido de carbono mayores de 5 % en volumen de aire pueden resultar tóxicos

La hidromorfía está relacionada con condiciones deficientes de drenaje, principalmente en paisajes llanos o formas del relieve cóncavo. Es un proceso que provoca efectos en todos los componentes del sistema suelo-planta. Afecta desde el hábitat de los organismos vivos hasta la transformación de los minerales y compuestos químicos (Cuellar *et al.*, 2003).

1.2.4 Inclusiones.

Según INICA (2003) se manifiesta en acumulación de piedras, fragmentos de rocas y gravas en la superficie del suelo o el horizonte arable. Tiene su origen en los procesos geomorfológicos y erosivos. Limita el volumen de suelo que pueden

explorar las raíces, al tiempo que dificultan o impiden la penetración de estas, con la consiguiente reducción en el rendimiento agrícola, además dificulta o impide las labores mecánicas de preparación, cultivo y cosecha, elevando los costos de producción.

1.2.4.1 Graviliosidad.

La graviliosidad se refiere a la presencia de gravas en la superficie, cuyos diámetros fluctúan entre 0,2 y 7,5 cm.

1.2.4.2 Pedregosidad.

La pedregosidad se refiere a la presencia de elementos gruesos en la superficie, cuyos diámetros fluctúan entre 7,5 y 25,0 cm.

1.2.4.3 Pedregones.

Los pedregones se refieren a la presencia de elementos rocosos sueltos cuyo diámetro supera los 25 cm.

1.2.5 Tipo de erosión.

Esta limitación es ampliamente conocida por los efectos desbastadores que ocasiona, razón por la cual miles de t/ha se pierden cada año y terrenos otrora fértiles se convierten en pedregales y solares yermos, tal afirmación es evidente cuando los procesos de erosión son del tipo lineal (erosión en surcos o cárcavas), aunque el proceso erosivo que más afecta tanto en área como por sus efectos sobre la eficiencia de la fertilización es la erosión laminar (Cuellar *et al.*, 2003).

Las plantaciones de caña de azúcar pueden brindar una efectiva protección al suelo en un rango de pendientes no excesivo, tanto por la intersección que brindan a la lluvia como por la resistencia que ofrecen a las aguas en escorrentía.

Para evitar o disminuir los efectos de la erosión se debe evitar que las aguas externas de escorrentía lleguen a las zonas de cultivo, o disminuir su velocidad, plantar en contorno, mantener permanentemente cubierto el suelo mediante altos porcentajes de población, residuos de cosecha en el campo, rotación de cosechas

y cultivo intercalado y aplicar mejoradores orgánicos para favorecer la estructura y el drenaje.

1.2.6 Compactación.

La compactación inducida por el hombre es uno de los procesos degradativos de los suelos más difundidos en la agricultura. La cosecha mecanizada y el paso de equipos de transporte por el mismo surco reportan los efectos más perjudiciales, sobre todo cuando esta se realiza en condiciones de alta humedad. El laboreo con arados y gradas de discos, compacta la zona cercana a la superficie, formando lo que se llama “piso de arado”, especialmente cuando el suelo está húmedo.

En la evaluación de este factor resulta útil conocer la profundidad a la que aparece, su naturaleza, continuidad y la estructura de la capa, un suelo está relacionado con la disminución de su porosidad y es una de las causas fundamentales de la caída de los rendimientos agrícolas.

El laboreo con arados y gradas de discos, compacta la zona cercana a la superficie, formando lo que se llama piso de arado, especialmente cuando el suelo está húmedo (Santana *et al.*, 2007).

La susceptibilidad a compactarse varía en los diferentes suelos, así los arenosos son menos afectados por la compactación mecánica, por la cual los suelos sufren una disminución del espacio poroso y por ende 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 difundidos en la agricultura moderna y está relacionada con la mecanización de las labores agrícolas. La compactación mecánica es un proceso en el que los agregados sufren un empaquetamiento por efecto de una presión externa, eso significa una disminución del espacio poroso y por ende la disminución del oxígeno disponible y el agua aprovechable por las plantas (Roldós, 1986).

Los procesos que conducen a la compactación, traen como consecuencia:

- Disminución de la disponibilidad de oxígeno, lo que conduce a la poca aireación del suelo.

- Limitación de la capacidad de retención de humedad y de nutrientes.
- Disminución de la velocidad de infiltración, favoreciéndose procesos de reducción, anaerobiosis y erosión acelerada de los suelos.
- Formación de capas que dificultan la penetración y proliferación de las raíces, por lo que estas se atrofian y disminuyen su desarrollo.
- Dificultades para realizar las labores de descompactación con equipos de baja potencia lo que disminuye la calidad de la labor y encarece los costos.

La compactación disminuye el espacio poroso de los suelos y con ello la disponibilidad de aire y agua para la planta, reduce la velocidad de infiltración y dificulta el desarrollo del sistema radical, entre otros efectos. La extensión de esta forma de degradación es considerable y abarca el 23,9 % del área agrícola del país, o sea 1,6 millones de ha (Cuéllar *et al.*, 2003).

1.3 Manejo y conservación del suelo.

1.3.1 Subsolación.

La subsolación se puede hacer solamente cuando el suelo está seco hasta ligeramente húmedo lo cual es más difícil en suelos arcillosos. La subsolación en el estado seco requiere mucha potencia y frecuentemente deja agregados y vacíos grandes entre ellos o sea, condiciones no favorables para la germinación y crecimiento inicial de las plántulas. La subsolación de suelos arcillosos en estado húmedo crea un hueco donde pasa la punta del subsolador sin aflojar el perfil o romper la capa compactada.

La subsolación en el estado seco a veces deja agregados muy grandes en la superficie, lo que requiere labranzas secundarias para formar condiciones deseables para la siembra; estos laboreos podrían causar compactación si llueve entre el momento de la subsolación y el momento de hacer las labranzas secundarias.

1.3.2 Cultivo de descompactación.

1.3.2.1 Cultivo profundo.

Según Santana *et al.* (2007) cumple el objetivo cuando esto es necesario de descompactar el suelo y mejorar el drenaje.

Es deseable realizar el cultivo profundo después de la fertilización y otras operaciones llevadas a cabo con tractores que contribuyen a la compactación del terreno, siempre que no se retrase más de 25 días después del corte para que no dañe el nuevo sistema radical y una profundidad superior a los 25 cm.

1.3.2.2 Cultivo tradicional.

Se utiliza en áreas en las que no se recomienda el cultivo profundo o donde no existen equipos con las condiciones para realizarlo. La descompactación se realiza sólo en el horizonte del suelo entre 15 y 25 cm. de profundidad, con órganos de trabajo del subsolador separados de 1,10 a 1,20 m. Como complemento al cultivo pueden utilizarse rodillos dentados o gradas múltiples con el mismo enfoque de proteger la cobertura de hojas que se expuso en el cultivo profundo (Santana *et al.* 2007).

1.3.3 Cobertura del suelo.

La cobertura del suelo tiene una acción protectora por la interceptación y absorción del impacto directo de la gota de lluvia, previniendo así el sellado de la superficie y preservando la estructura del suelo inmediatamente por debajo de la misma (Adams, 1966).

De esa manera, la infiltración de agua puede ser mantenida a lo largo de la lluvia (Musgrave y Nichols, 1942). Por lo tanto, aumentando la cobertura del suelo se reducen la desagregación y movimiento del suelo por la salpicadura de la lluvia (Singer *et al.*, 1981), el promedio de la velocidad y la capacidad de transporte del flujo superficial (Lattanzi *et al.*, 1974; Meyer *et al.*, 1970; Mannering y Meyer, 1963).

El volumen de escurrimiento superficial, según Singer y Blackard (1978), es afectado por la calidad y cantidad de residuos a través del retardo en el inicio de la

escorrentía; del aumento del tiempo entre el inicio de la misma y el primer litro de agua escurrida; y de la disminución del tiempo entre el final de la lluvia y el final de la escorrentía.

1.3.4 Barreras físicas para el control y encauzamiento de la escorrentía.

Del total del agua que llega al suelo bajo la forma de lluvias intensas, una parte se infiltra y el resto pasa a formar la escorrentía, concentrándose en las depresiones naturales del terreno, escurriendo hasta encontrar áreas de deposición natural (planicies, bajadas, red de drenaje). A medida que la escorrentía avanza, aumenta su velocidad y volumen. Cuanto mayor es la escorrentía, mayor es su capacidad de causar erosión. Según Rufino (1989), la velocidad crítica de escurrimiento de la escorrentía en la cual comienza el arrastre de partículas desagregadas es de 5 m/seg en suelos arenosos y 8 m/seg en suelos arcillosos.

El control eficiente de la acción erosiva de las lluvias puede ser obtenido a través de la implantación de un conjunto de prácticas de conservación de suelos. Estas prácticas comprenden:

- ❖ La sistematización y la protección del área para controlar el escurrimiento superficial.
- ❖ La preparación del suelo.
- ❖ La plantación de cultivos.
- ❖ La cobertura del suelo.

Las prácticas de sistematización y protección del área tienen por objetivo la implantación racional de obstáculos, drenajes o vías de acceso contra la acción de la escorrentía. La implantación de estas prácticas promueve alteraciones morfológicas en la superficie del suelo. Las prácticas tradicionales implantadas para este fin son: canales escurrideros, banquetas individuales, cordones de vegetación permanente y rompevientos (Sobral Filho *et al.*, 1980).

1.3.5 Rotación e intercalamiento de cultivos.

Los efectos de los abonos verdes/cobertura del suelo en las propiedades físicas del suelo, según Muzilli *et al.* (1980) pueden ser observados durante dos fases:

- ❖ La primera, se refiere a la protección de las capas superficiales del suelo por parte de las plantas.
- ❖ La segunda, se refiere a la incorporación de la materia vegetal al suelo.

Según Amado (1985) la cobertura vegetal viva o muerta es el factor aislado que mayor influencia ejerce sobre la superficie del suelo, previniendo la desagregación del suelo y la formación de costras que reducen la infiltración del agua. También disminuye la velocidad de la escorrentía, la concentración y el tamaño de los sedimentos transportados y, por lo tanto, las tasas de pérdida de suelo y agua. La cobertura vegetal también ejerce influencia sobre la humedad y la temperatura del suelo.

Según Muzilli *et al.* (1980) las propiedades físicas afectadas por la incorporación de abonos verdes son la estructura, la capacidad de retención de agua, la consistencia y la densidad; otras propiedades como la porosidad, la aireación, la conductividad, la hidráulica y la infiltración están ligadas a las modificaciones de la estructura. Sin embargo, este efecto depende circunstancialmente de la calidad y cantidad de biomasa incorporada, de los factores climáticos y de las características del suelo.

Derpsch (1984) indica que las tasas de infiltración de agua en el suelo después una cobertura verde evaluada con anillos concéntricos, aumentaron hasta 416% en un Latosol Rojo Distrófico y hasta 628% en un suelo Tierra Roja estructurada, en comparación con la parcela de trigo. Más aún, la mayor infiltración persistió hasta el próximo cultivo de soya.

Sidiras y Roth (1984) evaluaron la capacidad de infiltración de diferentes coberturas, utilizando un simulador de lluvia. Observaron que la infiltración fue mayor donde hubo mayor cantidad y calidad de abonos verdes. Los resultados en este caso presentaron menos diferencias significativas con relación al trabajo de Derpsch (1984) en virtud, principalmente, de la diferente metodología.

La labranza de las parcelas con preparación convencional, confirmó el efecto positivo de las coberturas verdes sobre la consistencia del suelo, comparado con el testigo cubierto con trigo. Las coberturas verdes dejan como resultado un suelo muy friable debido a una preparación biológica del suelo (Derpsch, 1984).

La rotación de cultivos se define como la sucesión de un cultivo por otro en el tiempo siguiendo criterios por los cuales se beneficie la interrelación suelo - planta. La asociación de cultivos se define como el arreglo de dos o más cultivos en un mismo campo siguiendo criterios por los cuales se haga un mejor aprovechamiento del suelo y de los sinergismos y complementariedades que esta práctica pueda facilitar. En el caso de la asociación de cultivos se pueden presentar varios tipos de arreglos.

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODOS.

2.1 UBPC Tayabacoa.

2.1.1 Ubicación y límites fisiográficos.

La investigación se desarrolló en la UBPC Tayabacoa la cual pertenece a la UEB Melanio Hernández, empresa azucarera Sancti Spíritus. Se encuentra ubicada en el poblado de Tayabacoa, municipio Sancti Spíritus, en las coordenadas $21^{\circ} 59' 56,5764''$ de latitud norte y $79^{\circ} 59' 56,2464''$ de longitud oeste, limita al norte con el Consejo Popular Guasimal, al sur con la Empresa de Cultivo del Camarón (CULTIZAZA), al este con el río Zaza y al oeste con la Empresa de Cultivos Varios Banao. Está conformada por cuatro lotes cañeros, que se distribuyen en lote 1 Venceremos, lote 2 Vallejo, lote 3 Aguadita, lote 4 Cagueira, que abarcan 1418,91 ha y 288 UMMA dedicadas al cultivo de la caña de azúcar (Figura 2).

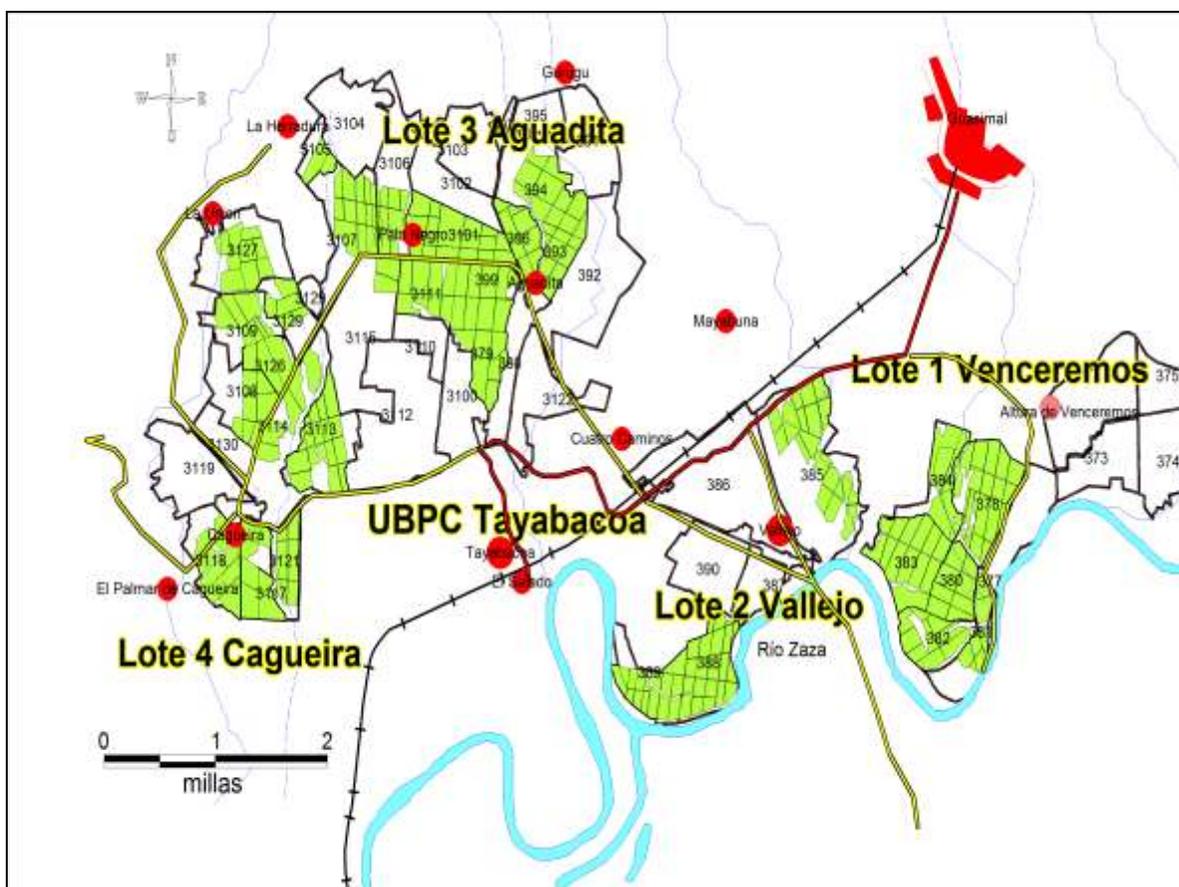


Figura 2. Distribución geoespacial de las áreas cañeras en los diferentes lotes que conforman la UBPC Tayabacoa, perteneciente a la UEB Melanio Hernández.

2.1.2 Misión.

Producir altos volúmenes de caña de azúcar y alcanzar la suficiente variabilidad genética y fijación de las características necesarias para la ejecución de diferentes proyectos de mejoramiento, especialmente para la obtención de alto potencial azucarero, apoyado en su financiamiento, en la aplicación de servicios especializados, su capacitación y apoyo en la asimilación de nuevas tecnologías, con énfasis en la realización de menores gastos energéticos y reducción de los costos de producción, compatibles con el medio ambiente, con vistas a satisfacer las necesidades de los clientes, tanto internos como externos.

2.1.3 Visión.

Ser una unidad de excelencia y líder, con una producción diversificada y competitiva que permita alcanzar las 54 t/ha de caña de azúcar, a partir de la aplicación de la ciencia y la técnica; alcanzando altos niveles de rentabilidad, que permitan responder a las expectativas de nuestros clientes, garantizando adecuados niveles de vida de nuestros miembros y una mayor autonomía en su gestión empresarial.

2.1.4 Estructura organizativa.

La UBPC Tayabacoa para el desarrollo de la producción presenta la siguiente estructura organizativa:

- 4 lotes cañeros con 29 bloques y 289 UMMA.
- 2 Pelotones de cosecha mecanizada (4 KTP 2M)
- 4 Brigada integral de producción de caña.
- 1 Brigada de aplicación de herbicidas.
- Pelotón de preparación de tierras
- Pelotón de cultivo.
- Taller de maquinaria.

2.1.5 Recursos humanos.

La plantilla aprobada es de 264 trabajadores y la distribución de la fuerza de trabajo por categorías ocupacionales se muestra en la tabla 1, donde se destaca que cuentan con 235 obreros directos a la producción, que representa el 89,1 %. El salario promedio por trabajador es de \$894,86 y la composición por sexo muestra una distribución de 235 hombres y 29 mujeres.

Tabla 1. Distribución de la fuerza de trabajo en la UBPC Tayabacoa por categorías ocupacionales.

Concepto	Categoría	Cantidad
Indirectos	Directivos	7
	Administrativos	7
	Servicios	15
Subtotal indirectos		29
Directos	Técnicos	4
	Taller de maquinaria	9
	Producción de alimentos	12
	Lote 1. Venceremos	50
	Lote 2. Vallejo	25
	Lote 3. Aguadita	45
	Lote 4. Cagueira	28
	Otros	62
Subtotal directos		235
Total		264

2.2 Procedimiento de investigación.

Para desarrollar el trabajo se empleó el método de investigación participativa que consiste primeramente en realizar una caracterización general de la unidad a partir de la utilización de herramientas, entre las que se encuentran entrevistas a la junta directiva, técnicos y jefes de lote (Geilfus, 1997) y diálogos con grupos enfocados

donde se encuentran los obreros pertenecientes a los diferentes lotes cañeros de la unidad productora y organizados en brigadas integrales (Delgado, 1994).

2.2.1 Evaluación de factores edáficos limitantes de la producción agrícola.

Se efectuó mediante recorridos en las 288 UMMA que conforman las 1418,91 ha dedicadas a caña de azúcar en la UBPC Tayabacoa y se evaluaron los factores edáficos limitantes de la producción agrícola, entre los que se encuentran: profundidad efectiva, pendiente, drenaje, textura, graviliosidad, pedregosidad, pedregones, tipo de erosión, y compactación (Anexo 1) y se utilizó para efectuar la categorización de cada factor edáfico limitante las Normas Metodológicas, Estudios de Suelos y Manejo Integral de la Caña de Azúcar (INICA, 2003) (Anexo 2)

Además se evaluó por cada UMMA la orientación de los surcos teniendo en cuenta la máxima pendiente existente en el campo de caña.

La evaluación de profundidad efectiva se realizó con barrena de suelo tipo holandesa, en puntos representativos que permitan obtener la evaluación de más del 75% del área del campo.

La evaluación de la pendiente se realizó a través de la apreciación visual del ángulo de inclinación del terreno.

Para la evaluación de la textura del suelo se humedeció hasta que alcanzó su máxima pegajosidad y plasticidad. Con una pequeña porción de suelo húmedo, se formó un cilindro al frotarse la masa con ambas manos.

Las clases de drenaje se determinaron teniendo en cuenta el drenaje superficial o escorrentía y el drenaje interno o tasa de infiltración reflejada en índices morfológicos (como la gleyzación).

Para la determinación graviliosidad, pedregosidad y pedregones se seleccionaron varias áreas de 100 m² (10 x 10 m) en el campo y se realizó conteo físico de las gravas, piedras y pedregones presentes en cada una de ellas. Seguidamente se determinó la media aritmética de las cantidades existentes en las distintas áreas seleccionadas.

La evaluación de la compactación se realizó abriendo pequeñas calas con pico o barreta, y utilizando el procedimiento del “cuchillo” en la cara vertical del perfil.

Los datos se procesaron en Sistema de Información Geográfica (SIG) y se utilizó MapInfo Profesional versión 8.0 para Windows.

La información pluviométrica fue obtenida del registro oficial de la lluvia que se encuentra en la oficina de estadística de la unidad.

La distribución por agrupamiento se obtuvo del mapa nacional de suelo a escala 1:25 000 (MINAGRI, 1980) y la información asociada a cada UMMA y contorno de suelo, fue digitalizado utilizando la herramienta Mapinfo Profesional versión 8.0 para Windows.

2.2.2 Diagrama de Pareto.

Para ordenar de mayor a menor la frecuencia de aparición de las causas que afectan la degradación del suelo se utilizó el Diagrama de Pareto (Barca, 2006). El Diagrama de Pareto constituye un sencillo método de análisis que permite discriminar entre las causas más importantes de un problema (los pocos y vitales) y las que lo son menos (los muchos y triviales). La herramienta permite comparar el nivel de importancia de todos los factores que intervienen en un problema o cuestión y posibilita enfocar los esfuerzos hacia los problemas que ofrecen las mayores posibilidades de mejora.

Capítulo III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 Caracterización general de la UBPC Tayabacoa.

3.1.1 Distribución de suelos.

En la figura 3 se muestra la distribución geo-espacial de los agrupamientos de suelos que predominan en la UBPC Tayabacoa para lo cual se utilizó el mapa de suelo 1:25 000 del MINAGRI (1980) y los agrupamientos de suelo se correlacionaron con la Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba según Hernández *et al.* (2005).

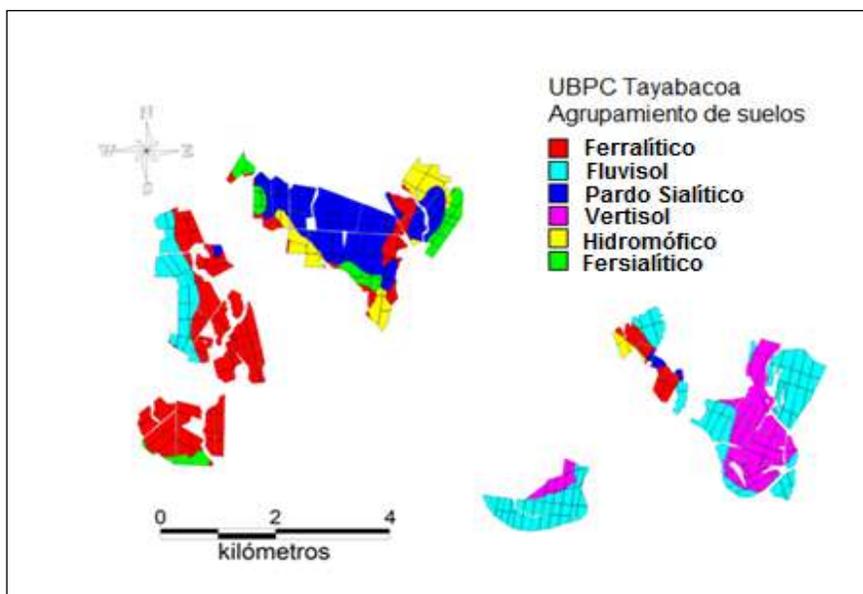


Figura 3. Distribución geo-espacial de los agrupamientos de suelo en la UBPC Tayabacoa. **Fuente:** Mapa 1:25 000 (MINAGRI, 1980).

En la tabla 2 se muestra la distribución por hectáreas (ha) de los agrupamientos de suelos que se encuentran en la UBPC Tayabacoa, donde es significativo la presencia de una amplia gama de agrupamientos y donde predominan los agrupamientos Ferralítico (27,7%), Fluvisol (26,5%) Pardo Sialítico (19,5%) Vertisol (13,6%) (Hernández *et al.*, 1999) los cuales se caracterizan por presentar de forma general condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar, sin embargo las características de la pendiente y el sistema de producción intensivo establecido favorecen los procesos de degradación de suelos.

Tabla 2. Distribución por área (ha) de los agrupamientos de suelos predominantes en la UBPC Tayabacoa.

Agrupamiento de suelo	Área (ha)	%
Ferralítico	393,08	27,7
Fluvisol	376,43	26,5
Pardo Sialítico	277,03	19,5
Vertisol	192,92	13,6
Hidromórfico	96,04	6,8
Fersialítico	83,41	5,9
Total	1418,91	100,0

3.1.2 Uso del suelo.

La tabla 3 muestra la distribución de las áreas agrícolas por conceptos en la UBPC Tayabacoa.

Tabla 3. Distribución de las áreas agrícolas en la UBPC Tayabacoa.

Concepto	Área (ha)
Superficie total	3188,9
Área agrícola total	2236,4
Área dedicada a caña	1487,4
De ella: Real con caña	1418,91
Área vacía	0
Guardarrayas	68,5
Producciones agropecuarias y forestales	749,0
De ella: Cultivos varios	93,2
Pecuario	59,0
Forestales	42,8
Frutales	9,5
Total no agrícola	752,5

Fuente: Oficina de control y uso de la tierra de la UEB Melanio Hernández.

3.1.3 Precipitaciones.

El área que ocupa la UBPC Tayabacoa es una zona semi-húmeda donde anualmente precipitan como promedio 1141 mm (periodo 2003-2011), que representa un 85,9% con relación a la media nacional anual que según Peláez (2010) es de 1335 milímetros (mm). La distribución promedio mensual de lluvias presenta 2 períodos bien diferenciados, uno lluvioso que se extiende de mayo a octubre y donde ocurren las mayores precipitaciones, destacándose como el mes más lluvioso junio con 259,3 mm y otro menos lluvioso de noviembre a abril donde se destaca como el mes más seco enero donde en los 9 años evaluados no han ocurrido precipitaciones (Figura 4).

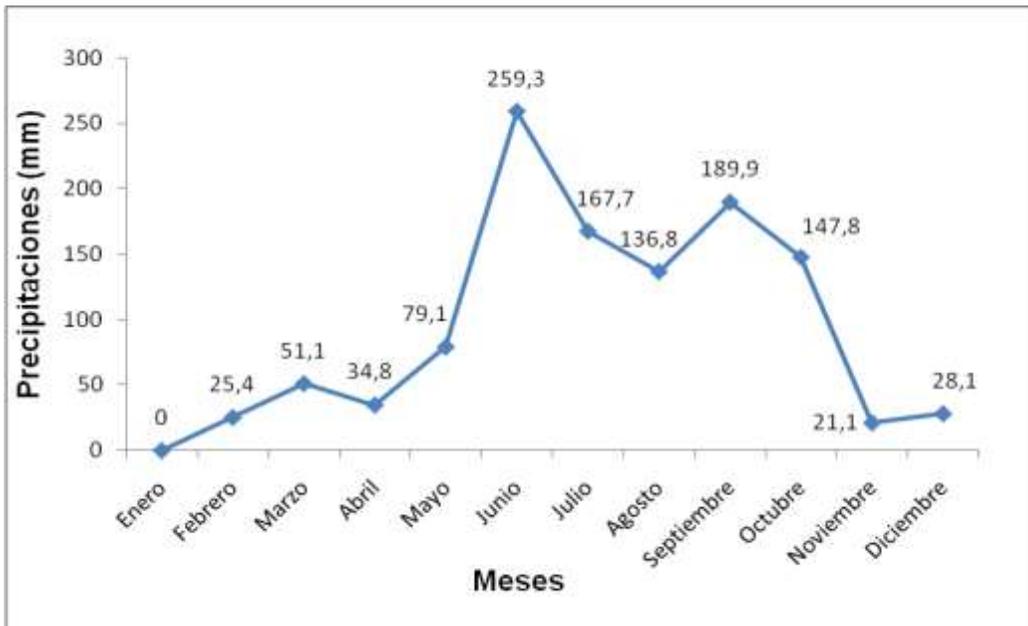


Figura 4. Distribución de las precipitaciones promedio por meses en el periodo 2003-2011 en la UBPC Tayabacoa.

La distribución de las precipitaciones en la unidad presenta una incidencia negativa, debido a las características de los suelos predominantes, en su mayoría arcillosos, llegando a producir, en el periodo de las máximas precipitaciones hidromorfía en las áreas bajas y acelerar la fuerza erosiva del agua en los escurrimientos en las áreas de pendiente ondulada. En el periodo seco las arcillas

se contraen provocando el agrietamiento y el incremento de la compactación (Figura 5).

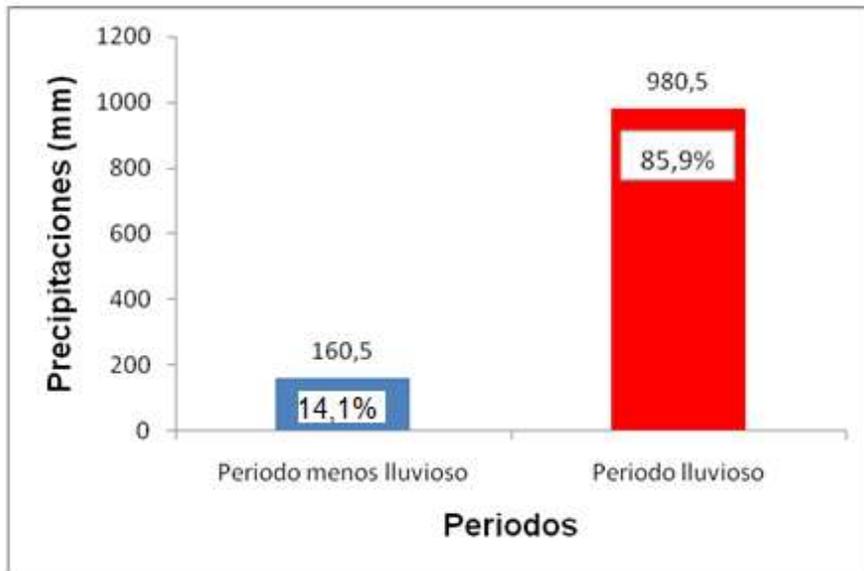


Figura 5. Distribución de las precipitaciones promedio por época en el periodo 2003-2011 en la UBPC Tayabacoa.

3.1.7 Tecnologías empleadas para efectuar las labores a la caña.

3.1.8 Preparación de tierras y surque.

La preparación de tierras se comienza una vez que se efectúa la quema de los residuos, labor realizada con la finalidad de acelerar el proceso de preparación, práctica que afecta significativamente al suelo, debido a que elimina los residuos, destruye la flora microbiana y la materia orgánica, además de afectar al medio ambiente ya que se emiten gases de efecto invernadero a la atmósfera.

La labor de preparación de tierras en la unidad se realiza con T150K y arado de 5 discos (Torpedo) o con MTZ-80 y arado tiro de arrastre de 3 discos, efectuándose en la mayoría de los casos transversal a la surquería para evitar los crudos, y se efectúan 2 cruces con el T150K y grada de 7500 libras y a continuación el surque con MTZ 80 y surcador doble. Esta labor en los Vertisuelos debe estar antecedida de la subsolación ya que en estos suelos es característico la formación de capas compactadas llamadas piso de arado que afectan la infiltración y el desarrollo futuro de las raíces.

3.1.9 Atenciones culturales.

La labor de cultivo profundo se realiza con T150K y Bayamo 95 y el cultivo tradicional se realiza con MTZ 80 y S-240, en ambos casos debe estar antecedida de una evaluación de la profundidad donde se encuentran las capas compactadas y a partir de esta información recomendar la tecnología a utilizar.

3.1.10 Rendimiento agrícola.

El rendimiento agrícola en las últimas 7 campañas en la UBPC Tayabacoa muestra un incremento sostenido, excepto la campaña de 2010, donde se disminuyó a solo 24,7 t/ha, aunque se ha logrado en los siguientes años incrementos estables (Figura 6).

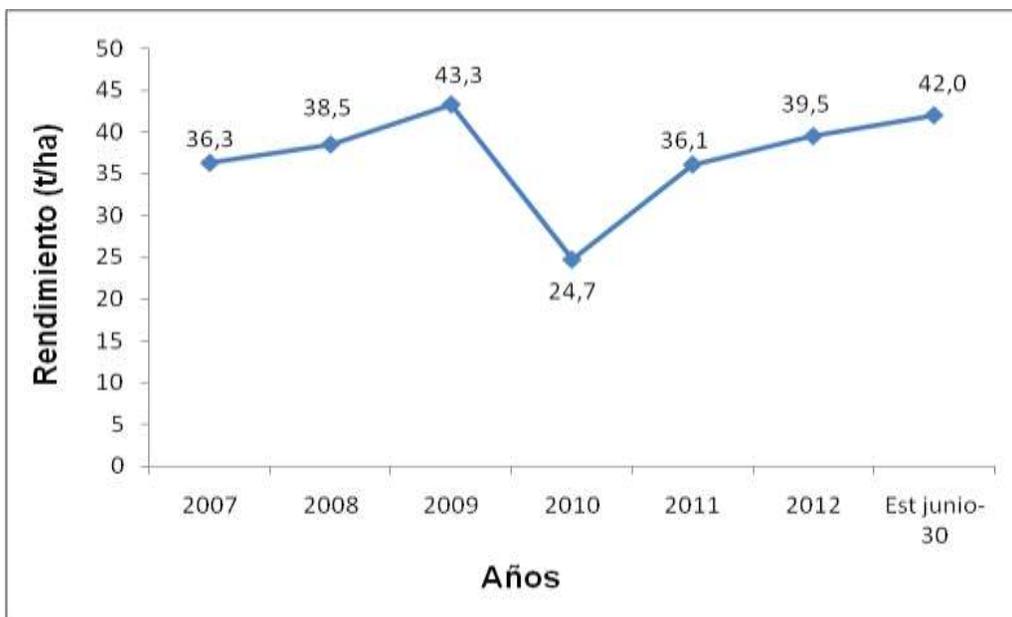


Figura 6. Gráfico que muestra el comportamiento del rendimiento agrícola en la UBPC Tayabacoa en las últimas 6 campañas.

La producción de caña obtenida por área cosechada en las últimas seis campañas en la UBPC Tayabacoa muestra un comportamiento estable hasta la campaña 2009-2010 donde la producción disminuyó a 26568,6 t, y se cosechó el 77,8 % del área, elemento que afecta la composición de cepas de la unidad y por consiguiente las posibilidades de recuperación, no obstante en las campañas

posteriores se evidencia una recuperación estable, significando que para la campaña 2012-2013 estiman a 42,0 t/ha y una producción de 44 000 t de caña (Tabla 4).

Tabla 4. Producción cañera y rendimiento agrícola de las últimas seis campañas en la UBPC Tayabacoa.

Concepto/año	U/M	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Producción obtenida	t	18706	29667	30708	26568	31751	35900
Área cosechada	ha	515,6	776,8	708,6	1074,1	878,6	914,3
Rendimiento real	t/ha	36,3	38,5	43,3	24,7	36,1	39,5

3.1.8 Situación económica.

Desde el punto de vista económico y financiero la unidad actualmente presenta una situación favorable motivada por el cumplimiento de los compromisos de producción de caña, lo que garantiza que el Banco de Crédito y Comercio (BANDEC) facilite los créditos para atención a los retoños, cosecha y siembra, aunque en año 2010 se presentó una situación desfavorable debido a la disminución de la producción por sequía y solo se fertilizó el 50 % del área de la unidad (Tabla 5).

Tabla 5. Situación económica de los cinco últimos años UBPC Tayabacoa.

Indicador	UM	2008	2009	2010	2011	2012
Ingresos	MP	2222,7	2536,5	2243,9	3838,8	3113,3
Gastos	MP	2214,3	2507,0	3502,6	3823,5	3085,4
Ganancias	MP	8,4	29,4	-1258,7	15,3	27,9
Costo por peso	Pesos	0,99	0,98	1,57	0,99	0,99

MP: Miles de pesos.

3.2 Evaluación de factores edáficos limitantes de la producción cañera.

Los resultados de la evaluación de los factores edáficos limitantes de la producción cañera realizada en la UBPC Tayabacoa por UMMA se encuentran en el anexo 3.

3.2.1 Profundidad efectiva.

Al analizar los resultados obtenidos en la evaluación de profundidad efectiva se obtuvo que el 6,7 % (94,7 ha y 13 UMMA) se encuentra en la categoría «Muy profundo» (> 100 cm), el 20,9 % (297,2 ha y 60 UMMA) se encuentra dentro de la categoría «Profundo» (60-100 cm), el 37,2 % (527,6 ha y 107 UMMA) en la categoría «Medianamente profundo» (40-60 cm), el 24,7 % (351,0 ha y 78 UMMA) en la categoría «Poco profundo» (20-40 cm) y el 11,1% (156,8 ha y 30 UMMA) se encuentran en categoría «Muy poco profundo» (< 20 cm), presentándose afectaciones al rendimiento agrícola de la caña de azúcar a partir de la categoría de medianamente profundo, llegando a ser significativa en los suelos poco profundos, lo que se corrobora por Ponce de León y Balmaceda (1998) quienes encontraron relación entre profundidad efectiva y rendimiento, al señalar que se produce un descenso brusco de este cuando la profundidad es inferior a los 20 cm de profundidad (Figura 7).

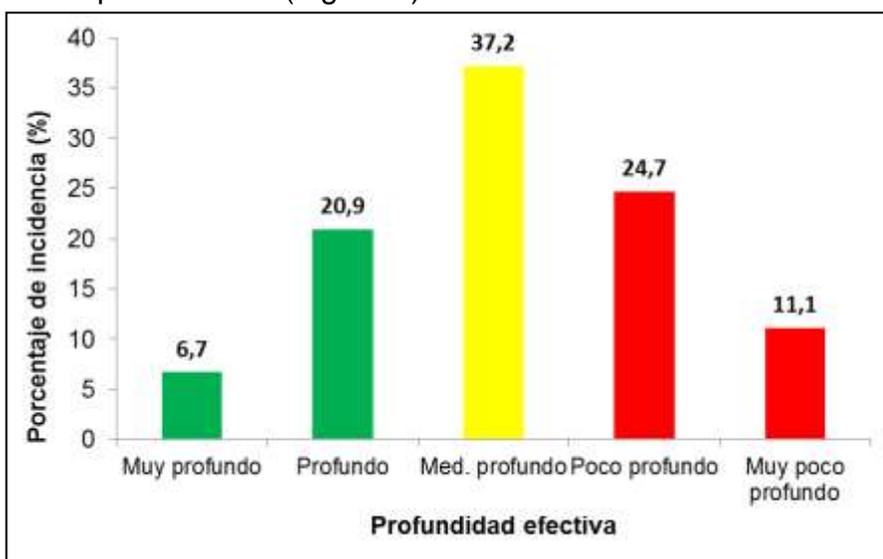


Figura 7. Categorización de la profundidad efectiva por UMMA en la UBPC Tayabacoa.

Además, a medida que disminuye la profundidad efectiva la afectación en el rendimiento agrícola es mayor debido a que las raíces disponen de menor área para explorar en busca de nutrientes, por lo que según (Pineda *et al.* (2005) si la profundidad efectiva disminuye se requiere aplicar N, P, K para incrementar el rendimiento. Por otro lado Hernández *et al.* (2003) reportaron pérdidas anuales de 0,5 a 3 mm de suelo en áreas del central Motzorongo, Venezuela como consecuencia del proceso erosivo.

Según Cuellar *et al.* (2003) en las condiciones de Cuba, se ha observado que cuando la profundidad es menor de 20 cm, hay una brusca disminución de los rendimientos y cuando el espesor del suelo se reduce a 10 cm, la producción se reduce hasta un 70 %.

En la figura 8 se muestra la distribución geo-espacial por UMMA de las diferentes categorías de profundidad efectiva en la UBPC Tayabacoa, donde los campos de color verde son muy profundos o profundos, los de color amarillo son medianamente profundos y los de color rojo son muy poco profundos.

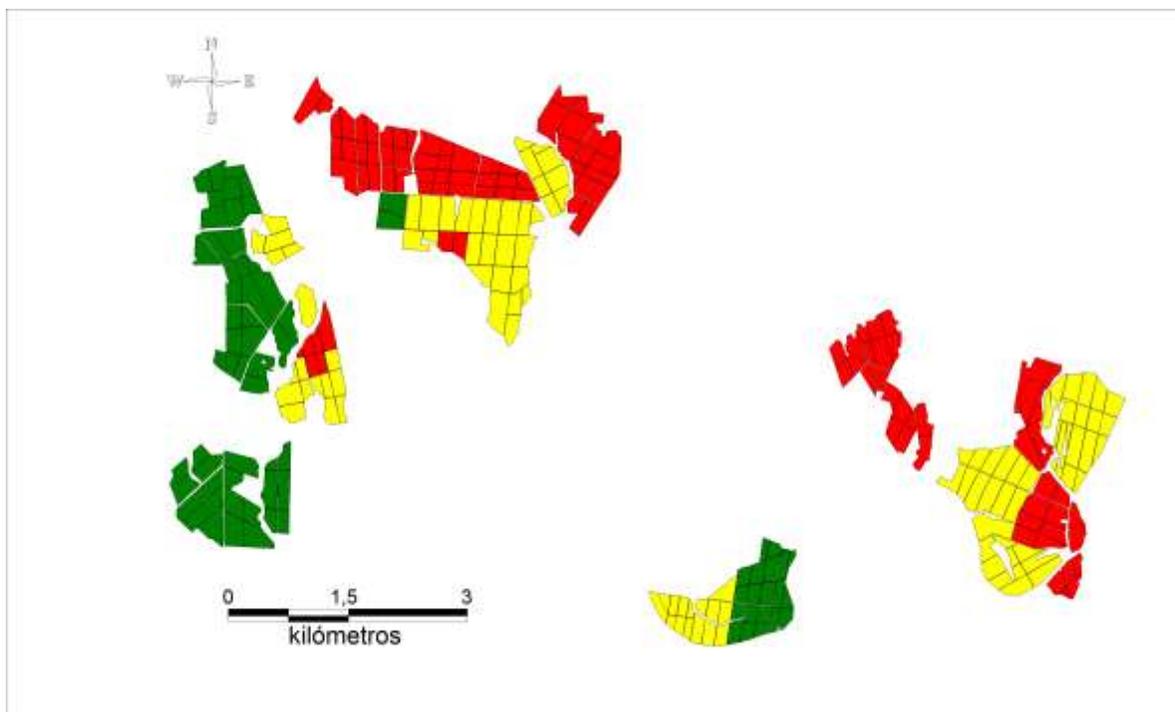


Figura 8. Distribución geoespacial por UMMA de las diferentes categorías de profundidad efectiva en la UBPC Tayabacoa.

3.2.2 Pendiente del terreno.

La pendiente del terreno está muy relacionada con la erosión. Los suelos planos o casi planos son menos afectados por los efectos de las corrientes de agua que los ondulados y fuertemente ondulados. Su evaluación en la UBPC Tayabacoa permitió determinar que existen 776,5 ha y 154 UMMA en la categoría de plano o casi plano (< 2%) que representa el 54,7% y donde se presentan condiciones favorables para que ocurran encharcamientos. En la categoría ondulado (entre 2-8%) se presentan 650,8 ha y 134 UMMA que representa el 45,3 % del área con posibilidades de ser afectadas por escorrentías al favorecerse por la pendiente y la surquería entre 25-30 cm de profundidad que se realiza para plantar la caña de azúcar, lo que coincide con Cuellar *et al.* (2003) que plantearon que cuando la pendiente es más pronunciada, el terreno queda más expuesto a la erosión, lo que conlleva a pérdidas progresivas de su fertilidad y capacidad productiva (Figura 9).

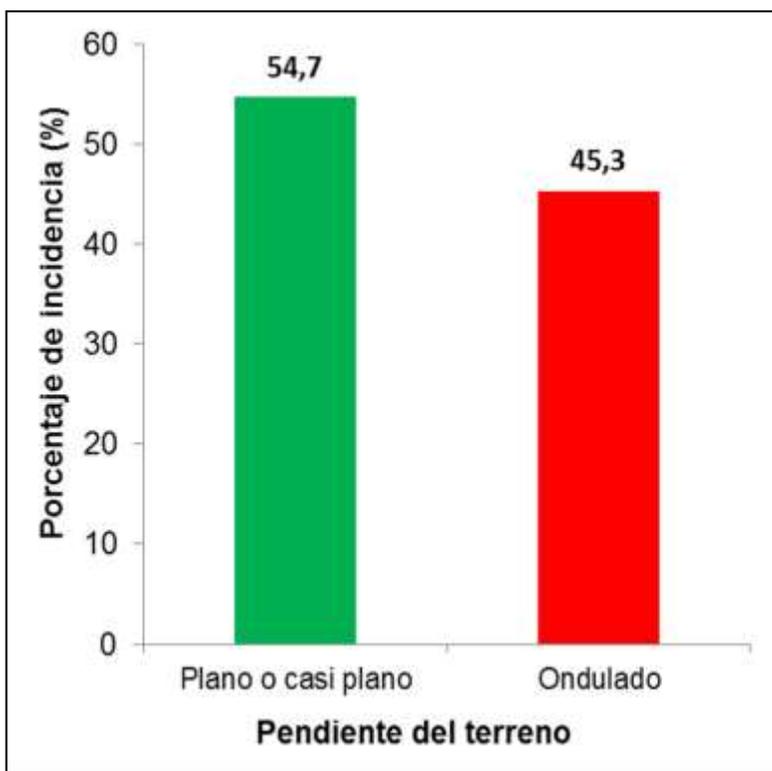


Figura 9. Categorización de la profundidad efectiva por UMMA en la UBPC Tayabacoa.

El mapa temático de pendiente del terreno evidencia la distribución por UMMA de las diferentes categorías de este factor limitante que caracteriza a la UBPC Tayabacoa, donde los campos en color verde son planos o casi planos y los de color rojo son ondulados (Figura 10).

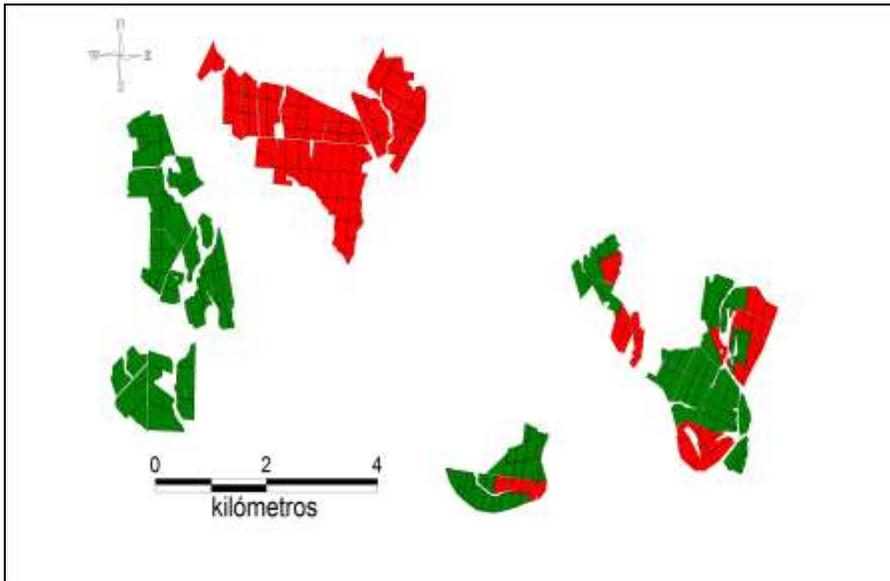


Figura 10. Distribución geoespacial por UMMA de las diferentes categorías de pendiente del terreno en la UBPC Tayabacoa.

En la figura 11 se muestra evidencia fotográfica de áreas con pendiente ondulada combinada con la surquería efectuada a favor de la máxima pendiente.



Figura 11. Campo de caña con pendiente ondulada surcado a favor de la máxima pendiente.

3.2.2.1 Orientación de los surcos.

El cultivo de la caña de azúcar por sus características necesita de surcos profundos para un desarrollo adecuado, lo que puede incidir en el incremento del arrastre de partículas por el impacto de la gota de agua sobre el suelo sin cobertura y la velocidad de las escorrentías, cuestión que puede agravarse si la surquería no se establece de forma que, en terrenos ondulados, pueda incidir en la disminución de la escorrentía a través de siembras en contorno siguiendo las curvas de nivel o en su defecto realizar la surquería perpendicular a la máxima pendiente, además se debe tener en cuenta que en la UBPC Tayabacoa el 100 % del área es seco, donde las nuevas plantaciones se establecen una vez que comienza el periodo de ocurrencia de las mayores precipitaciones.

Los resultados del estudio realizado en la UBPC Tayabacoa muestran que se presentan surcadas perpendicular a la máxima pendiente el 87,9 % (1256,1 ha y 255 UMMA) y surcadas a favor de la máxima pendiente el 12,1 % (171,1 ha y 33 UMMA) (Figura 12).

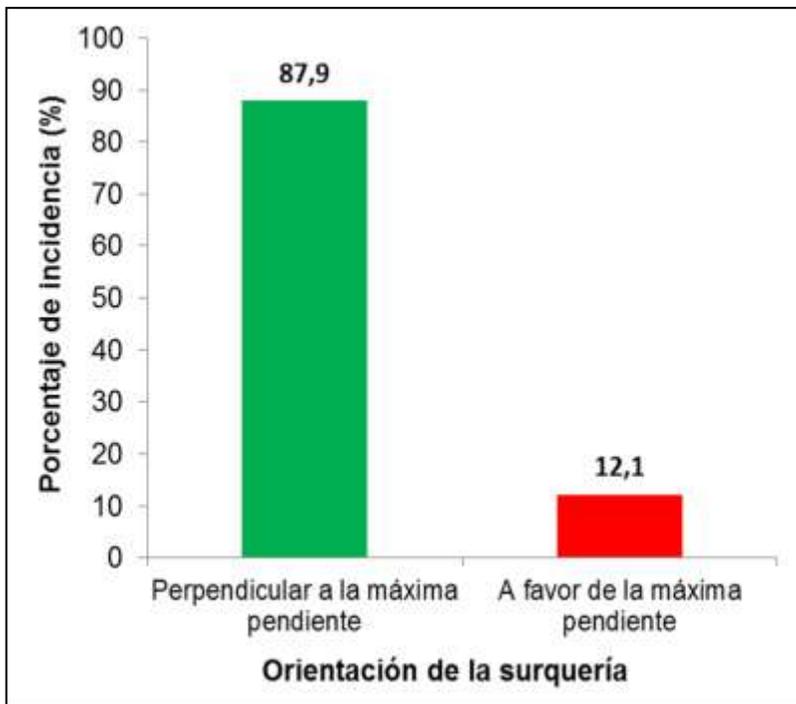


Figura 12. Porcentaje del área evaluada distribuida en las formas de orientación de la surquería en la UBPC Tayabacoa.

En el mapa temático de la situación de la orientación del surque en la UBPC Tayabacoa se muestra en color verde los campos de caña surcados perpendicular a la máxima pendiente y en color rojo las UMMA con el surque realizado a favor de la mayor pendiente, en estas últimas se presentan condiciones favorables para que se produzcan arrastres de partículas de suelo por escorrentías en el periodo lluvioso, lo cual se incrementa si el suelo se encuentra descubierto y la pendiente es ondulada (Figura 13).

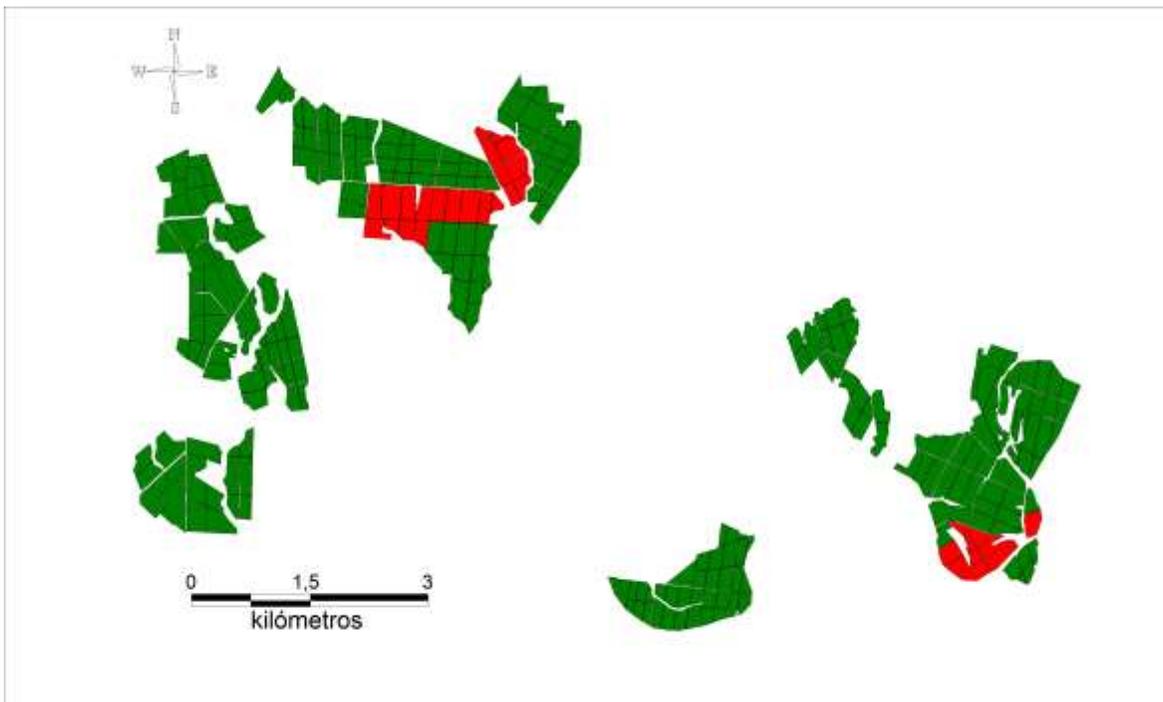


Figura 13. Distribución geoespacial de la situación que presenta la orientación de la surquería por UMMA en la UBPC Tayabacoa.

En la figura 14 se muestra un ejemplo de la problemática detectada en relación con la situación que presenta la orientación de los surcos y la pendiente del terreno en la UBPC Tayabacoa, en las cuales se presentan condiciones propicias para que ocurran procesos erosivos de no establecerse medidas que mitiguen su efecto.



Figura 14. Evidencia de surquería efectuada a favor de la máxima pendiente en la UBPC Tayabacoa.

3.2.3 Textura.

La evaluación de la textura que caracteriza a los suelos de la UBPC Tayabacoa muestra que dentro de la categoría de arcilla se encuentran 162,92 ha que abarcan 32 UMMA y representa el 11,48% del área total y dentro de franco arenoso se encuentra el 30,57% del área de la unidad (433,83 ha y 101 UMMA). La incidencia de la textura franco arcillosa en el 57,94% (822,16 ha y 155 UMMA) aunque no es significativa afecta debido a que favorece el arrastre de partículas en los suelos ligeramente ondulados o la hidromorfía por el mal drenaje en los suelos planos o casi planos (Figura 15).

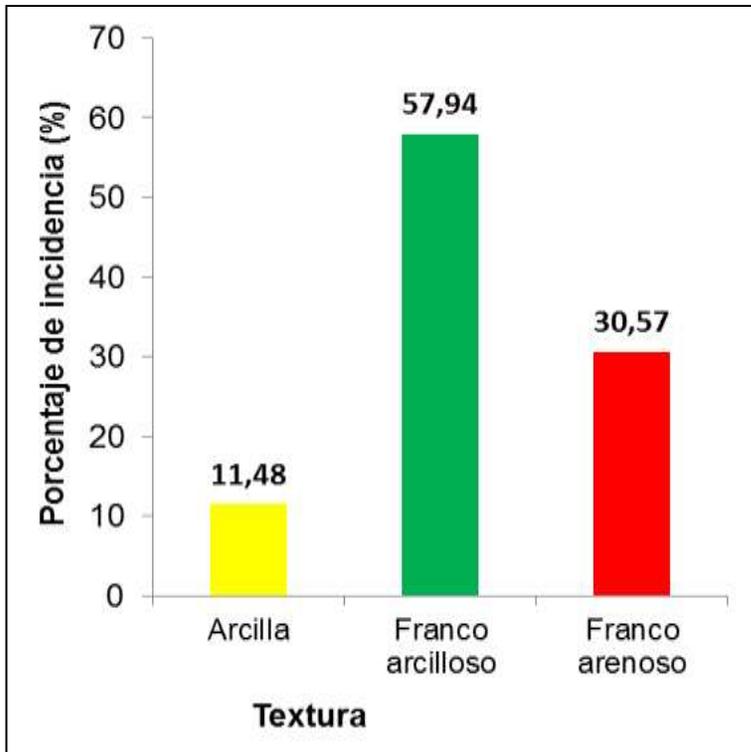


Figura 15. Porcentaje del área evaluada distribuida en las categorías de textura en la UBPC Tayabacoa.

En el mapa temático de textura en la UBPC Tayabacoa se muestra en color verde los campos de caña franco arcillosos, en amarillo los arcillosos y en rojo los franco arenosos, presentándose en estas dos últimas categorías condiciones favorables para que se produzcan arrastres de partículas por escorrentías en el periodo lluvioso en suelos ondulados y encharcamiento en los planos o casi planos y en el periodo menos lluvioso se contraen favoreciendo la compactación (Figura 16).

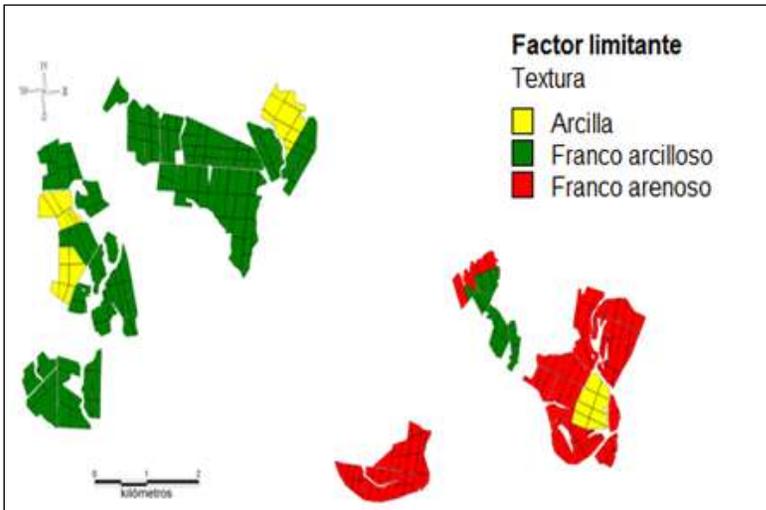


Figura 16. Distribución geoespacial de la situación que presenta la textura por UMMA en la UBPC Tayabacoa.

3.2.4 Drenaje.

En la unidad se presentan dentro de la categoría de algo excesivamente drenado el 30,57% (433,83 ha y 101 UMMA), en la categoría bien drenado se encuentra 55,33% (784,82 ha y 147 UMMA), dentro de la categoría moderadamente bien drenado se encuentra el 2,63% (37,34 ha y 10 UMMA) y dentro de imperfectamente drenado se encuentra el 11,48% (162,92 ha y 33 UMMA) (Figura 17).

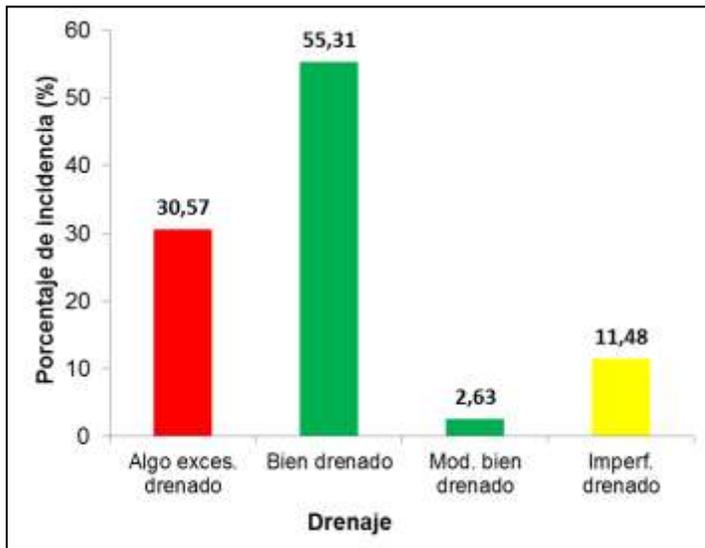


Figura 17. Porcentaje del área evaluada distribuida en las categorías de drenaje en la UBPC Tayabacoa.

En el mapa temático de drenaje en la UBPC Tayabacoa se muestra en color verde los campos de caña algo excesivamente drenados, en amarillo los bien drenado y en rojo los franco arenosos, presentándose en estas dos últimas categorías condiciones favorables para que se produzcan arrastres de partículas por escorrentías en el periodo lluvioso en suelos ondulados y encharcamiento en los planos o casi planos y en el periodo menos lluvioso se contraen favoreciendo la compactación (Figura 18).

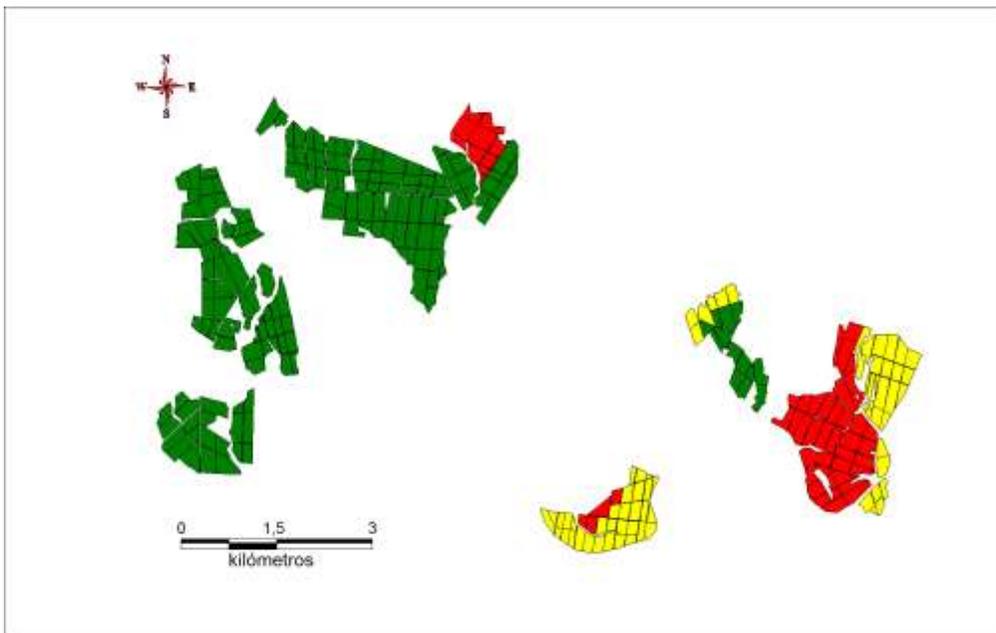


Figura 19. Distribución geoespacial de la situación que presenta la drenaje por UMMA en la UBPC Tayabacoa.

En la figura 20 se muestra un ejemplo de la problemática detectada en relación con el mal drenaje y su influencia en la erosión de los suelos cañeros en la UBPC Tayabacoa.



Figura 20. Evidencia de áreas con mal drenaje en la UBPC Tayabacoa.

3.2.5 Gravillosidad.

La presencia de gravas es un factor relacionado con los procesos erosivos debido a que van emergiendo a medida que se pierde la capa superior. En la UBPC Tayabacoa existen con muy pocas gravas 374,73 ha (26,41 ha), en la categoría pocas gravas 796,38 ha (56,13%) y en la categoría de frecuentes gravas 247,80 (17,46 %) (Tabla 6).

Tabla 6. Porcentaje del área evaluada distribuida en las categorías de gravillosidad que inciden en la UBPC Tayabacoa.

Categoría	UMMA	Área (ha)	Porcentaje (%)
Muy pocas	73	374,73	26,41
Pocas	163	796,38	56,13
Frecuentes	52	247,80	17,46
Total	288	1418,91	100

En el mapa temático de la situación de la gravillosidad en la UBPC Tayabacoa se evidencia la existencia de 72 UMMA con muy pocas gravas, 131 UMMA con pocas

gravas y 20 UMMA con frecuentes gravas, en estas últimas el área a explorar por las raíces en busca de nutrientes se encuentra limitada (Figura 21).

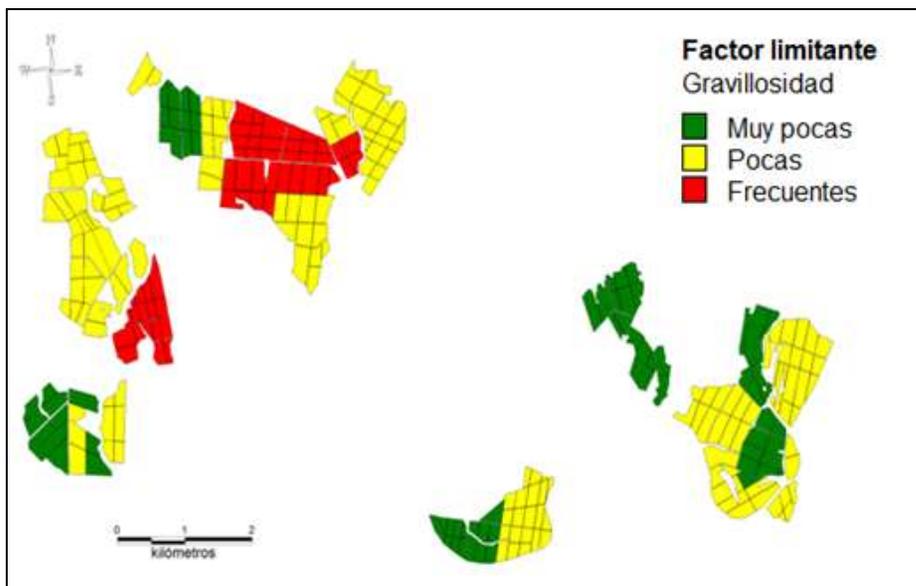


Figura 21. Distribución geoespacial de la situación que presenta la graviliosidad por UMMA en la UBPC Tayabacoa.

En la figura 22 se muestra un ejemplo de la problemática detectada en relación con la situación que presenta la graviliosidad y la afectación que provocan en los suelos cañeros en la UBPC Tayabacoa.



Figura 22. Evidencia de la graviliosidad presente en áreas cañeras de la UBPC Tayabacoa.

3.2.6 Pedregosidad.

La presencia de pedregones se relaciona con la pérdida de la capa superior del suelo, la cual es decisiva para efectuar la producción. En la UBPC Tayabacoa se presentan con muy pocos pedregones 370,20 ha (26,09 % y 72 UMMA), en la categoría pocas pedregones 894,15 ha (63,02 % y 183 UMMA) y en la categoría de frecuentes pedregones 154,56 ha (10,89 % y 33 UMMA) (Tabla 7).

Tabla 7. Porcentaje del área evaluada distribuida en las categorías de pedregosidad que inciden en la UBPC Tayabacoa.

Categoría	UMMA	Área (ha)	Porcentaje (%)
Muy pocas	72	370,20	26,09
Pocas	183	894,15	63,02
Frecuentes	33	154,56	10,89
Total	288	1418,91	100

En figura 23 se muestra el mapa temático de la situación de la pedregosidad en la UBPC Tayabacoa donde se muestra en color verde la categoría de muy pocos pedregones, en amarillo pocos pedregones y en rojo la categoría de frecuentes pedregones.

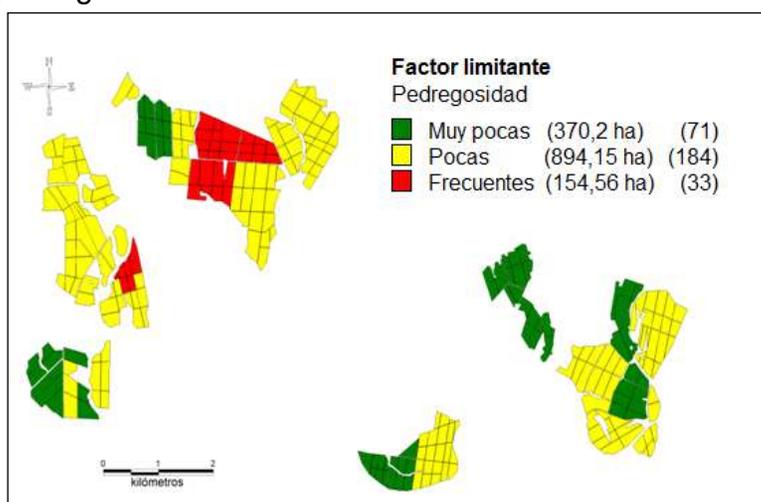


Figura 23. Distribución geoespacial de la situación que presenta la pedregosidad por UMMA en la UBPC Tayabacoa.

3.2.7 Tipo de erosión.

La erosión es uno de los factores que más influye en la degradación y acidificación de los suelos cubanos.

Es significativo que en UBPC Tayabacoa el 23,4 % (331,81 ha y 60 UMMA) se encuentran afectadas por la erosión en surcos, presentándose en ellas afectaciones severas debido al arrastre de partículas; además el 76,6 % (1087,1 ha y 228 UMMA) presentan erosión laminar (Figura 24).

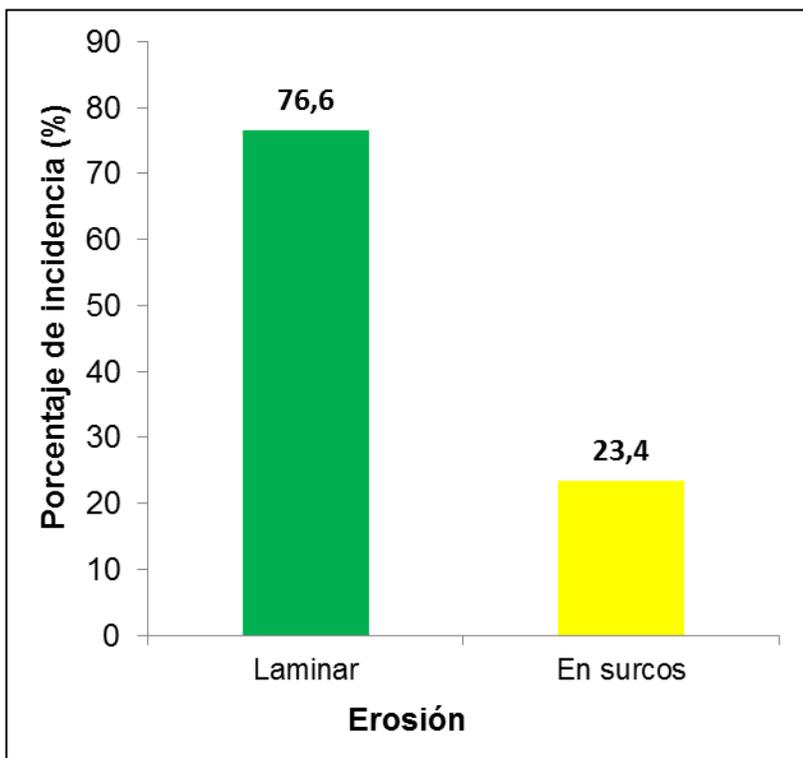


Figura 24. Porcentaje del área evaluada distribuida en las categorías de drenaje en la UBPC Tayabacoa.

En el mapa temático del tipo de erosión en la UBPC Tayabacoa se evidencia en color verde los campos donde se presenta erosión laminar y en color amarillo donde se presenta erosión en surcos, por lo que en ellas se producen arrastres de partículas en un área del campo determinada, siendo necesario establecer prácticas agrícolas que permitan mitigar los efectos negativos de la erosión (Figura 25).

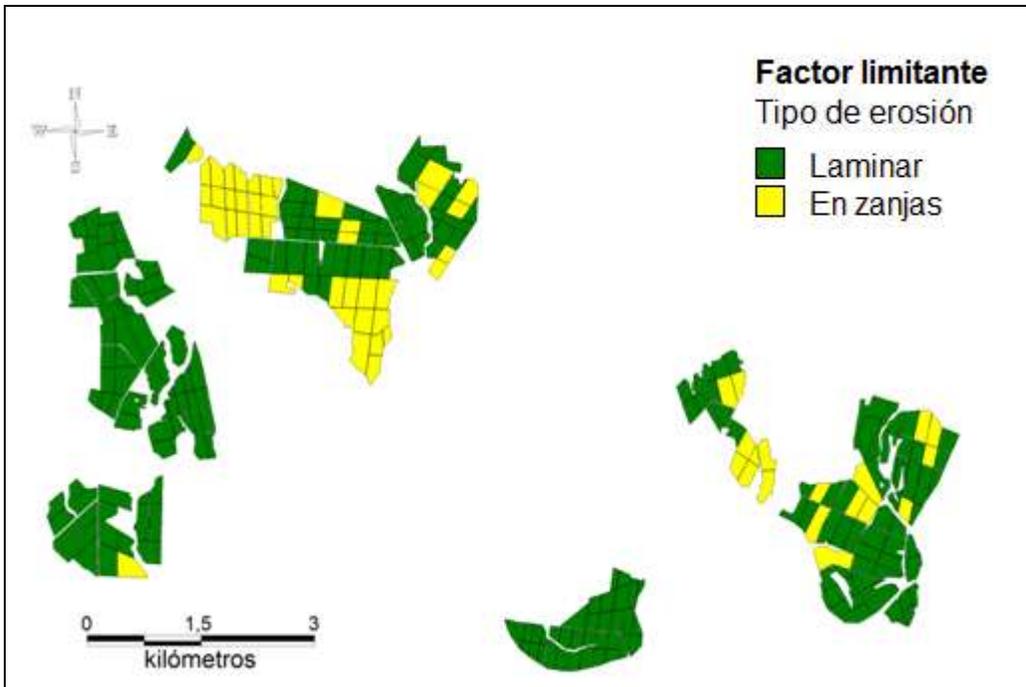


Figura 25. Distribución geoespacial de las categorías de tipo de erosión por UMMA en la UBPC Tayabacoa.

En la figura 26 se muestra un ejemplo de la problemática detectada en relación con la erosión en surcos y la afectación que provocan en los suelos cañeros en la UBPC Tayabacoa.



Figura 26. Evidencia de la erosión en surcos presente en áreas cañeras de la UBPC Tayabacoa

3.2.8 Compactación del suelo.

La UBPC Tayabacoa no está exenta de los efectos de la compactación del suelo originada por las diferentes operaciones agrícolas que se realizan, desde la preparación de tierras, la siembra, el cultivo y la cosecha de la caña.

Los valores registrados muestran cifras que fluctúan desde la categoría de suave con el 66,2% (939,61 ha y 204 UMMA), a ligeramente compacto con 22,13% (314,0 ha y 58 UMMA) y compacto con el 11,65 % (165,3 ha y 26 UMMA), por lo que el 33,78 % del área de caña de la unidad se encuentra afectada por este factor, debido a que en suelos compactos los agregados del suelo sufren un empaquetamiento por la presión externa, que provoca una disminución del espacio poroso y por ende la disminución del oxígeno disponible y el agua aprovechable por la planta, cuestión que se corrobora por Cuellar *et al.* (2003) quienes plantearon que la compactación reduce la velocidad de infiltración y dificulta el desarrollo del sistema radical e incide directamente en el rendimiento agrícola de la caña de azúcar (Figura 27).

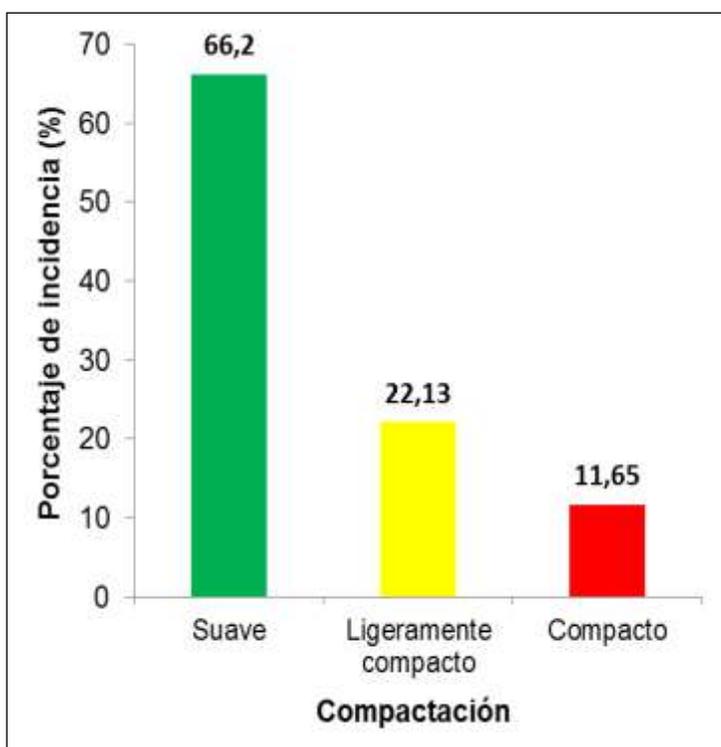


Figura 27. Porcentaje del área evaluada distribuida en las categorías de compactación en la UBPC Tayabacoa.

En el mapa temático de la situación de la compactación en la UBPC Tayabacoa se representa con el color verde los campos que no presentan compactación, con el color amarillo los que se encuentran ligeramente ondulados y los de color rojo se encuentran compactados, presentándose en estas condiciones favorables para que se produzcan arrastres de partículas de suelo por escorrentías en el periodo lluvioso, al disminuir la infiltración de agua en el suelo (Figura 28).

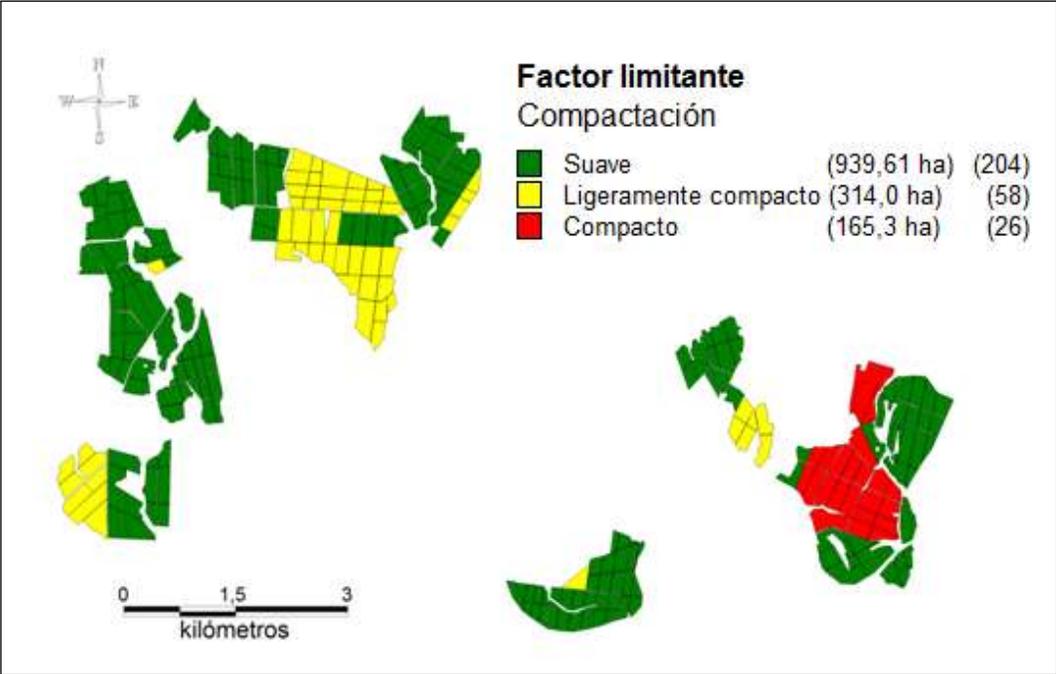


Figura 28. Distribución geoespacial de las diferentes categorías de compactación UMMA en la UBPC Tayabacoa.

En la figura 29 se muestra un ejemplo de la problemática detectada en relación con la compactación del suelo, factor que afecta el normal desarrollo del cultivo en la UBPC Tayabacoa.



Figura 29. Evidencia de suelo compactado en la UBPC Tayabacoa.

En Cuba el 24 % de la superficie agrícola presenta afectaciones por compactación (Instituto de Suelos, 2010).

3.2.9 Diagrama Pareto.

La investigación se realizó de conjunto con la junta directiva de la UBPC Tayabacoa, técnicos, jefes de lotes y un grupo de trabajadores con experiencia en el cultivo de la caña de azúcar y luego de analizar los datos recopilados para este estudio se concluye que existen 10 causas que inciden en la degradación de los suelos dedicados a caña de azúcar en las 288 UMMA que conforman la unidad productora. Estas causas se relacionan en la tabla 8.

Tabla 8. Principales causas que influyen en la degradación de los suelos en la UBPC Tayabacoa.

Causas	UMMA	ha	%
Suelos con pendiente ondulada	134	650,8	45,3
Afectaciones por el drenaje	134	596,75	42,0
Baja profundidad efectiva	108	517,8	35,8
Compactación	84	479,3	33,8
Presencia de erosión en surcos.	60	331,81	23,4

Afectaciones por graviliosidad	52	247,8	17,5
Surque efectuado a favor de la mayor pendiente	33	171,1	12,1
Afectaciones por el tipo de textura	32	162,52	11,5
Afectaciones por pedregosidad	33	154,56	10,9

En la figura 30 se muestra el Diagrama de Pareto el cual permite concluir que del total de las 10 causas analizadas en la degradación de los suelos las que más inciden son la pendiente ondulada, afectación por mal drenaje, baja profundidad efectiva, la compactación en las áreas cosechadas y la presencia de erosión en surcos, sin embargo no se puede descuidar las causas que presentan menor cantidad de afectaciones por UMMA; las que pueden hacerse más crítica con el paso del tiempo y un indebido manejo del agroecosistema.

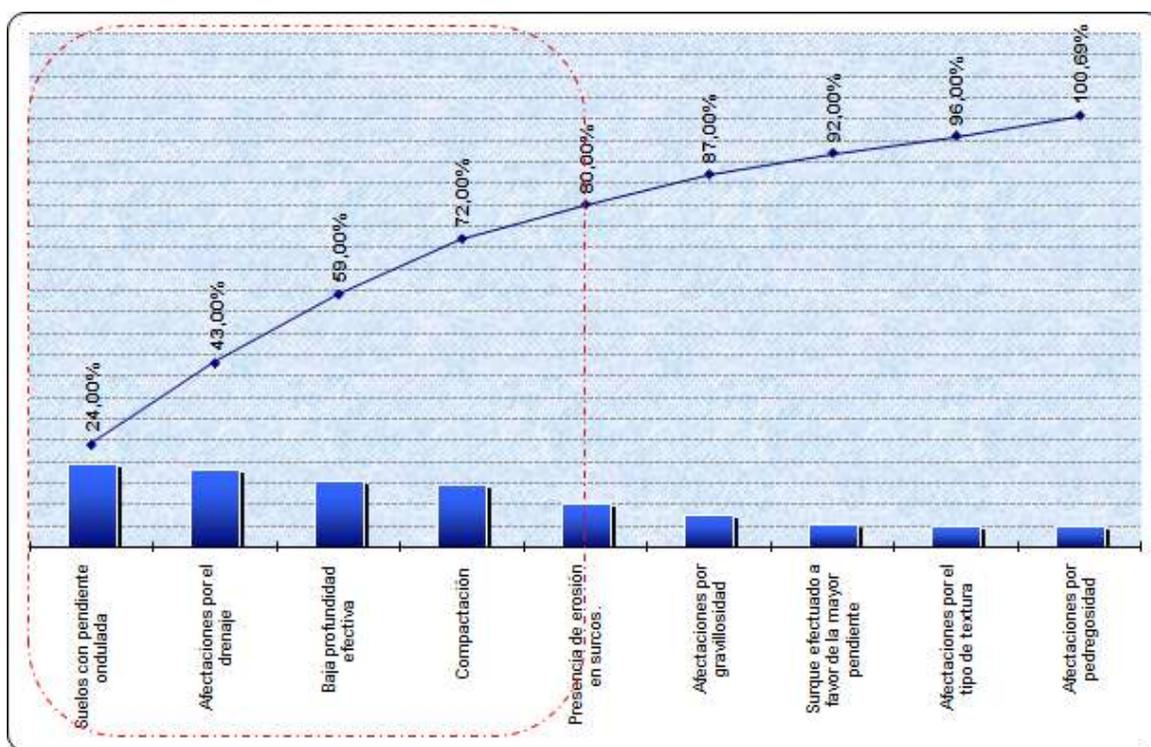


Figura 30. Diagrama de Pareto que ordena de mayor a menor las principales causas que inciden en la degradación del suelo en la UBPC Tayabacoa.

3.3 Estrategia para el manejo y conservación de suelos en la UBPC Tayabacoa.

Riverol *et al.* (2007). han señalado con frecuencia la necesidad de enfrentar la problemática de la erosión del suelo de una manera integral, particularmente con la aplicación, el perfeccionamiento y la adecuación local, de una serie de medidas anti-erosivas sencillas, factible desde el punto de vista técnico y económico.

En la UBPC Tayabacoa se comenzó un proceso de establecimiento de prácticas agrícolas con un mínimo de gastos y utilizando recursos disponibles en el propio agroecosistema.

3.3.1 Surque perpendicular a la mayor pendiente.

En la tabla 9 se muestra la estrategia por lotes para corregir la orientación del surque en las áreas con pendiente ondulada y tomando en consideración la proyección del Servicio de Variedades y Semillas (SERVAS), lo que permitirá eliminar las áreas surcadas a favor de la máxima pendiente en el año 2016.

Tabla 9. Estrategia por lotes y años para corregir la orientación del surque en las áreas con pendiente ondulada de la UBPC Tayabacoa.

Unidad	Área	UMMA	2012	2013	2014	2015	2016
Lote 1	41,6	10	2	3	1	3	1
Lote 3	69,3	13	3	1	4	2	3
Lote 4	51,1	8	1	0	2	1	4
Total	163,9	31	6	4	7	6	8

3.3.2 Nivelación y siembra en semi-bancos.

En la tabla 10 se muestra la estrategia por lotes y años para corregir la afectación por mal drenaje en las áreas con pendiente plana o casi plana donde se presentan condiciones para que se produzcan encharcamientos en áreas con superficie cóncava. Por lotes para corregir la orientación del surque en las áreas con pendiente ondulada y tomando en consideración la proyección del Servicio de

Variedades y Semillas (SERVAS), lo que permitirá eliminar las áreas surcadas a favor de la máxima pendiente en el año 2016.

Tabla 10. Estrategia por lotes y años para corregir la afectación por mal drenaje en las áreas con pendiente plana o casi plana de la UBPC Tayabacoa.

Unidad	Área	UMMA	2012	2013	2014	2015	2016
Lote 1	46,3	8	0	0	0	0	8
Lote 3	47,3	10	10	0	0	0	0
Lote 4	69,3	14	0	0	7	0	7
Total	162,9	32	10	0	7	0	15

Se considera la proyección del SERVAS.

3.3.3 Cobertura de paja.

En la tabla 11 se muestra la estrategia por lotes y años para disminuir la pérdida por suelo desnudo en el periodo de máximas precipitaciones.

Tabla 11. Estrategia por lotes y años para disminuir la pérdida por suelo desnudo en el periodo de máximas precipitaciones.

Unidad	Área	UMMA	2012	2013	2014	2015	2016
Lote 1	85,11	20	5	5	5	5	0
Lote 2	69,30	21	7	7	7	0	0
Lote 3	94,76	21	0	7	4	5	5
Lote 4	14,11	2	0	0	0	1	1
Total	162,9	64	12	19	16	11	6

Se considera el agrupamiento de suelo.

3.3.4 Cultivo tradicional y profundo.

En la tabla 12 se muestra la estrategia por campaña y lotes para contrarrestar el efecto de la compactación provocada por las diferentes labores mecanizadas. La incidencia con el cultivo de descompactación en la UBPC Tayabacoa en la

campaña 2011 fue de 243,6 ha de cultivo profundo mecanizado, cultivo tradicional mecanizado: 240,3 ha y cultivo tradicional con bueyes: 91,2 ha

Tabla 12. Estrategia por lotes y años para corregir el efecto de la compactación provocada por las diferentes labores mecanizadas en la UBPC Tayabacoa.

Unidad	Área total (ha)	UMMA	2012	2013	2014	2015	2016
Lote 1	340,19	68	45	45	45	45	45
Lote 2	201,23	54	35	35	35	35	35
Lote 3	457,57	83	55	55	55	55	55
Lote 4	420,02	83	55	55	55	55	55
Total	1418,91	288	190	190	190	190	190

Se considera el agrupamiento de suelo, la posible humedad y los equipos e implementos disponibles y el área promedio a atender por campaña (850 ha) y realizar la evaluación una vez cosechados los campos.

3.3.5 Barreras físicas.

En la tabla 13 se muestra la estrategia por campaña y lotes para contrarrestar el efecto de la erosión en la UBPC Tayabacoa.

Tabla 13. Estrategia por lotes y años para contrarrestar el efecto de la erosión en la UBPC Tayabacoa.

Unidad	Área	UMMA	2012	2013	2014	2015	2016
Lote 1	65,57	10	3	2	3	2	0
Lote 2	42,22	8	2	2	2	2	0
Lote 3	197,56	38	7	7	7	7	10
Lote 4	0	0	0	0	0	0	0
Total	305,35	56	12	11	12	11	10

Se considera la evaluación de la erosión por UMMA.

CONCLUSIONES.

1. Se presenta una alta variabilidad de agrupamientos de suelos que incide en diferenciación de las causas que provocan la degradación de los suelos en cada UMMA de la UBPC Tayabacoa.
2. Los factores edáficos limitantes de la producción cañera que mayor afectación presentan en la UBPC Tayabacoa son pendiente ondulada (45,3%), mal drenaje (42%), poca profundidad efectiva (35,8), compactación (33,8%) y erosión (23,4%).
3. La implementación de la estrategia elaborada en esta investigación, para el periodo 2012-2016, permitirá mitigar los efectos de la degradación del suelo en la UBPC Tayabacoa.

5. RECOMENDACIÓN.

1. Aplicar la estrategia establecida en otras unidades productoras de caña con condiciones similares de suelo.

6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

- Acosta, P.: Medio milenio de las variedades de la caña en Cuba. Revista Cañaveral Vol. 2 (4): 26-30, 1996.
- Adams, J.E.: Influence of mulches on runoff, erosion and soil moisture depletion. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison. 30: 110-14. 1966.
- Agenda 21, Agenda 21 Cubana.: Estrategia Nacional Ambiental en Cuba. 2004.
- Alfonso. C. A., Milagros Monedero.: Uso, Manejo y Conservación de los Suelos. Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales, La Habana, Cuba. 68 p. 2004.
- Amado, T. J. C.: Relações da erosão hidrica dos solos com doses e formas de manejo do residuo da cultura da soja. Porto Alegre. Dissertação (Mestrado Agronomía). Fac. Agronomía, Universidade Federal do Río Grande do Sul, Porto Alegre. 104 p. 1985.
- Balmaseda C; Ponce de León D: Evaluación de Tierras con Fines Agrícolas. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 2009.
- Benítez, L.: Recomendación de Tecnologías de Preparación y Manejo de Suelos a una UBPC Cañera mediante un SIG. Tesis de Maestría. UNAH. 1999.
- Bosque, J.: Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Editorial Madrid. 1992.
- Cabeda, M.S.: Degradação física e erosão. En: I Simpósio de manejo do solo e plantio direto no sul do Brasil e III Simpósio de conservação de solos do planalto. Passo Fundo, RS, 1984.
- Cassman K, Liska A.: Alimentos y Biocombustible para Todos: Objetivo Real o Inalcanzable. Desarrollo Tecnológico en el Uso de Fertilizantes. Revista Informaciones Agronómicas, (3) (j-s): 1-5, 2007.
- Cuéllar I; de León; M; Gómez; A; Piñón. D; Villegas; R; Santana, I.: Caña de Azúcar. Paradigma de Sostenibilidad. Ed. PUBLINICA, Ciudad de La Habana, 2003.
- Cuéllar I, Villegas R; de León M; Pérez H.: Manual de Fertilización de la Caña de Azúcar en Cuba. Ed. PUBLINICA, Ciudad de La Habana, 2002.

- De By; R., Knippers; R., Weir; R; Geogiadou, Yola; Yenno, J.K; Van Westen C.M; Yusian Sun.: Principles of Geographic Information Systems. Educational Textbook Series 1. Third edition. Enschede. The Netherlands, 2004.
- De León, M. E.: Temas sobre Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar. Curso para Profesionales y Técnicos del Ingenio Ecudos, La Troncal, Ecuador, 43 p, 2006.
- Delgado J; Gutiérrez J.: Métodos y técnicas cualitativas de investigación en Ciencias Sociales. Editorial Síntesis. Madrid. España. 1994.
- Derpsch, R.: Algunos resultados sobre adubação verde no Paraná. En: Adubação verde no Brasil. Fundação Cargill, Campinas. pp. 268-79. 1984.
- FAO.: Manual para el Curso de Capacitación sobre Manejo y Conservación de Suelos. Métodos Eficaces de Labranza Conservacionista. Internacional de Agricultura Tropical (IITA) Ibadan, Nigeria, 1997.
- FAO.: Erosión de suelos en América Latina. Suelos y Aguas. p. 33-52, 1994.
- Figueroa, V.: Hacia una fórmula cooperativa del sector estatal agrícola. Grupo de desarrollo rural y cooperativismo de la Universidad Central de las Villas. Editorial UCLV. Marzo-abril, 1994.
- Fuentes A; Castellano N; Couso P; Cárdenas A; Pérez J.: Indicaciones prácticas de conservación de suelos para los agricultores. Ed. Agrinfor, La Habana, 2004.
- Geilfus Frans: 80 Herramientas para el desarrollo participativo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 1997.
- Hernández, A., Pérez, J.M., Bosch, D., Rivero, L.: Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Edit. AGRINFOR, Ciudad Habana, 64p., 1993.
- Hernández A; Bosch D; Rivero L; Orellana, Rosa; Cid, G; Ponce de León, D; Morales, Marisol; Pérez, J. M; Frómeta, E: Nueva Versión de Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Instituto de Suelos. Ministerio de la Agricultura. Editorial AGRINFOR. Ciudad de la Habana, Cuba. 1999.

- Hernández, A., Ascanio O., Morales, M. & León A.: La Historia de la Clasificación de los Suelos en Cuba. 1ra Ed. Félix Varela, La Habana. p.98. 2003.
- Hernández, A; Ascanio, M. O; Morales, Marisol, Cabrera, Cabrera, A.: Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas. La Habana. Cuba. 2005.
- <http://www.aiteco.com/pareto.htm>.
- Instituto de Suelos: Curso Uso Sostenible de los Suelos en Cuba. Parte 1. Universidad para Todos. Editorial Academia, 2010.
- Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. (INICA): Normas Metodológicas para Estudios de Suelos y Manejo Integral de la Caña de Azúcar. Programa de Agronomía, La Habana. 2003.
- Karlen D; Mausbach M; Doran J; Cline R; Harris R; Schuman G: Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Science Society of America J. 61: 4-10. 1997.
- Kohnke, H: Soil physics. McGraw Hill, New York. 224 p. 1968.
- Larson, W.E: Soil parameters for evaluating tillage needs and operations. Soil Science Society of America Proceedings, Madison. 28:118-22. 1964.
- Lattanzi A.R; Meyer L.D y Baumgarner M.F: Influences of mulch rate and slope steepness on interil erosion. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison. 38:946-50. 1974.
- Lowry F. E; Taylor H. M; Huck M. G: Root elongation rate and yield of cotton as influenced by depth and bulk density of soil pans. Soil Science Society America Proceeding, Madison, 34:306-9. 1970.
- Martín J. R; Gálvez G; De Armas R; Espinosa R; Vigoa R; León, A: La caña de azúcar en Cuba. 612pp. 1987.
- Mannering J.V; Meyer L.D: The effect of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. Soil Sci.Soc.Am. Proc., Madison, 27:84-6. 1993.
- Meyer L.D; Wischmeier W.H; Foster G.R: Mulch rates required for erosion control on steep slopes. Soil. Sci. Soc. Am. Proc., Madison, 34:928-31. 1970.

- MINAG. (Ministerio de la Agricultura): Manual de Interpretación de los Índices Físico- Químicos y Morfológicos de los Suelos Cubanos. Ed. Científico Técnico, La Habana, Cuba. p.132, 1980.
- Musgrave G.W; Nichols M. L: Organic matter in relation to land use. Soil Sci. Soc. Am. Proc., Madison. 7:22-28. 1942.
- Muzilli O; Vieira M.J; Parra, M.S: Adubação verde. En: Manual Agropecuario para o Paraná, Capítulo 3, Fundação Instituto Agrônômico do Paraná. pp. 76-93. 1980.
- Nova A: La Agricultura cubana: Evolución y Trayectoria. FLACSO-IRECUS. La Habana, 2000.
- Peláez O: La Sequía puede agravarse. Periódico Granma. 16 de Abril, pp. 16, 2010.
- Pérez Nilda; Torres C: Las UBPC: hacia un nuevo proyecto de participación. UBPC: Desarrollo rural y participativo. Universidad de la Habana. 239 pp, 1999.
- Pineda Emma, Vandrel O, González Maribel: Curso de Agroecología y Manejo de Agrosistemas. Curso para los Productores de Barinas y Cojedes, Venezuela. Ministerio del Azúcar, Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar. Ciudad de la Habana, 2005.
- Ponce de León D; Balmaceda C: Elementos básicos sobre suelos y uso de fertilizante en el cultivo de la caña de azúcar. Capítulo 1: Los Factores edáficos en el cultivo de la caña de azúcar. SERFE. INICA. MINAZ. pp, 1-33. 1998.
- Ramis E; Herrera M; Rosario J: Inventario de Suelos Alterados por diferentes Conceptos. (Material Mecanografiado). La Habana, Cuba. 20 p. 1995.
- Reyes A: Indicadores de calidad de suelo en áreas cafetaleras de Topes de Collantes. Tesis presentada en opción al grado científico de Doctor en Ciencias Agrícolas. UNIVERSIDAD CENTRAL "Marta Abreu" DE LAS VILLAS. Santa Clara. 2007.
- Reynoso A: Ensayo sobre el Cultivo de la Caña de Azúcar en Cuba. Ed. Nacional de Cuba, 1862.

- Riverol M: Tecnología Integral para el Manejo de Suelos Erosionados. Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura. 39 p. 2007.
- Roldós J. E: Factores Limitantes de los Principales Suelos de Cuba para el Cultivo de la Caña de Azúcar. Tesis de Doctor en Ciencias Agrícolas. INICA. MINAZ, Cuba, 135 p, 1986.
- Rufino R.L: Terraceamento. En: Manual Técnico do Subprograma de Manejo e Conservação do Solo, Curitiba. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento, Paraná. pp. 218-235. 1989.
- Sánchez L: Metodología para la Promoción de la Agricultura Sostenible. PIDAASSA. La Habana, 2008.
- Sánchez M. E; Velarde E; Sulroca F; De León M. E: Instructivo Técnico para la Producción y Cultivo de la Caña de Azúcar. PUBLINICA. pp. 148, 2007.
- Santana I; Santos Ferrer J. C; Guillén S; Sánchez M; Velarde E; Jorge H; Sulroca F; De León M; Benítez Ledyá; Zambrano Yumarys; Acevedo R: Instructivo de la Caña de Azúcar. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar Ministerio del Azúcar. Editorial PUBLINICA. La Habana, 2007.
- Shishov L: Condiciones Edafológicas de Cuba para el Cultivo de la Caña de Azúcar. Tesis de Doctorado. Universidad de Amistad de los Pueblos Patricio Lumumba, Moscú, 1975.
- Sidiras N; Roth C.H: Medições de infiltração com infiltrômetros e em simulador de chuvas em Latossolo Roxo distrófico, Paraná, sob vários tipos de cobertura do solo e sistema de preparo. En: Congresso Brasileiro de conservação do solo, 5. Porto Alegre, RS. Resumos. Porto Alegre. 1984.
- Singer M.J; Blackard, J: Effect of mulching on sediment in runoff from simulated rainfall. Soil Sci. Soc. Am Proc., Madison. 42:481-86. 1978.
- Singer, M.J. Matsuda, Y. y Blackard, J. Effect of mulch rate on soil loss by raindrop splash. Soil Sci. Soc. Am. Journal, Madison. 45: 101-110. 1981.
- Sobral Filho R.M; Madeira Neto J; Das V; Freitas P.L; Silva R. L.P: Práticas de Conservação de Solos. (EMBRAPA-SNCLS, Miscelânea, 3). EMBRAPA-SNCLS, Rio de Janeiro. 88 p. 1980.

- Socorro A. R; Padrón R; Pretel R; Parets, E: Modelo Alternativo para la Racionalidad Agrícola. Edición Especial para la Universalización de la Educación Superior. Cienfuegos, 320 p, 2004.
- Sulroca, F.: Factores Limitantes de los Suelos para el Cultivo de la Caña de Azúcar. Informe Ministerio del Azúcar de Cuba, 1980.
- Sulroca, F.: La evaluación de los factores limitantes de los suelos en el cultivo de la caña de azúcar. Departamento de Suelos y Agroquímica. Dirección de Agrotecnia. MINAZ. 29 pp, 1981.
- Sulroca, F.: Las Cooperativas Cañeras en el período 1993–1999. Departamento de atención a los productores cañeros. MINAZ, 1999.
- Sulroca, F.: Las UBPC en la Agricultura Cañera. Departamento de atención a los productores cañeros. MINAZ, 2000.

7. ANEXOS.

Anexo 1. Planilla de levantamiento de factores edáficos limitantes.

UEB: _____ Fecha: Día: _____ Mes: _____ Año: _____							
Unidad: _____ Bloque: _____ Campo _____							
Profundidad efectiva (cm): _____							
C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
1	Muy Profundo > 100	3	Medianamente profundo 40-60	5	Muy Poco Profundo < 20		
2	Profundo 60-100	4	Poco profundo 20-40				
Textura: _____							
C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
01	Arcilla	04	Limoso	07	Franco Limoso	10	Franco arenoso
02	Franco	05	Arcillo limoso	08	Arcillo arenoso	11	Areno Francoso
03	Franco arcilloso	06	Franco arcillo limoso	09	Franco arcillo arenoso	12	Arenoso
Pendiente (%): _____							
C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
1	Plano o casi plano < 2	3	Fuertemente ondulado 8-16	5	Escarpado > 30		
2	Ondulado 2-8	4	Colinoso 16-30				
Drenaje: _____							
C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
1	Excesivamente drenado	3	Bien drenado	5	Imperfectamente drenado		
2	Algo excesivamente drenado	4	Moderadamente bien drenado	6	Pobremente drenado		
Gravas (%): _____							
C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
1	Sin pedregones 0	3	Pocos pedregones 2-5	5	Muchos pedregones 15-40	7	Dominantes > 80
2	Muy pocos pedregones 0-2	4	Frecuentes pedregones 5-15	6	Abundantes pedregones 40-80		
Pedregones (%): _____							
C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
1	Sin pedregones 0	3	Pocos pedregones 2-5	5	Muchos pedregones 15-40	7	Dominantes > 80

2	Muy pocos pedregones 0-2	4	Frecuentes pedregones 5-15	6	Abundantes pedregones 40-80		
Piedras (%): _____							
C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
1	Sin piedras 0	3	Pocas piedras 2-5	5	Muchas piedras 15-40	7	Dominantes > 80
2	Muy pocas piedras 0-2	4	Frecuentes piedras 5-15	6	Abundantes piedras 40-80		
Tipo de erosión: _____							
C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta		
1	Laminar	2	En Surcos	3	En cárcava		
Compactación : _____							
C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta		
1	No coherente	3	Ligeramente suave	5	Muy compacto		
2	Suave	4	Compacto	6	Extremadamente compacto		
Observaciones:							

Anexo 2. Normas Metodológicas para Estudios de Suelos y Manejo Integral de la Caña de Azúcar. Instituto de investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) 2003, para la evaluación de factores edáficos limitantes de la producción.

1. Categorías de evaluación de la Profundidad efectiva.

La evaluación de este factor se realizará durante la comprobación de contornos, con la barrena de suelo tipo holandesa, en puntos representativos y en los perfiles que nos permita obtener la evaluación de más del 75% del área de ese contorno

Código	Profundidad efectiva (cm)	Categoría
1	> 100	Muy profundo
2	60-100	Profundo
3	40-60	Medianamente profundo
4	20-40	Poco profundo
5	< 20	Muy poco profundo

2. Categorías de evaluación de la Pendiente.

Se determinará con eclímetro, o en su defecto, a través de la apreciación visual del ángulo de inclinación del terreno, o a través de las curvas de nivel de una carta a escala apropiada.

Código	Pendiente (%)	Categoría
1	< 2	Plano o casi plano
2	2 – 8	Ondulado
3	8 – 16	Fuertemente ondulado
4	16 – 30	Calinoso
5	> 30	Escarpado

3. Categorías de evaluación de Textura.

Para la evaluación de este factor en el campo al nivel de UMMA, el suelo se humedecerá hasta que alcance su máxima pegajosidad y plasticidad. Con una pequeña porción de suelo húmedo, se formará un cilindro al frotar la masa con ambas manos.

Suelo arcilloso.

Se formará un cilindro largo y homogéneo, de 2 a 3 mm de diámetro, con el que puede elaborarse un anillo pequeño; con o sin rajaduras en su masa. Las rajaduras indican la mayor o menor cantidad de arcilla (a más arcilla menos rajaduras). Las arcillas 1:1 muestran más rajaduras que las 2:1. Los suelos arcillosos, al ararse, se rompen en terrones duros. Secos son muy duros y mojados son plásticos y pegajosos. Al frotarla con los dedos forma superficies pulidas y toma claramente las huellas digitales.

Suelo franco.

Suelos en los cuales las fracciones están mezcladas en proporción, se moldea y se adhiere a los dedos con facilidad cuando está húmedo, pero no se puede doblar para formar anillos

Suelo franco arcilloso.

Puede formarse el cilindro, pero al frotarle con las manos tiende a fraccionarse formando cilindros cortos y de poca flexibilidad. No se forma el anillo.

Suelo franco arenoso.

Sólo se forman cilindros muy cortos que se transforman en bolitas pequeñas que se deforman fácilmente y no se adhiere a los dedos con facilidad.

Limoso.

La presencia del limo se manifiesta por la sensación jabonosa si está húmedo o como talco si está seco.

Arcillo limoso.

La porción de suelo contiene poca cantidad de limo, pero suficiente arcilla para conferir al tacto la sensación jabonosa y es más pegajosa que el franco arcilloso.

Franco arcillo limoso.

La porción de suelo contiene poca cantidad de arena, pero suficiente limo para conferir al tacto la sensación jabonosa y es menos pegajosa que el franco arcilloso.

Suelo arenoso.

No se forman cilindros ni bolitas. Al comprimirse y frotarse entre los dedos índice y pulgar la masa de suelo se desintegra, es suficiente áspero y visualmente se pueden identificar. Estos suelos no forman terrones estables.

Código	Textura
1	Arcilloso
2	Franco
3	Franco arcilloso
4	Limoso
5	Arcillo limoso
6	Franco arcillo limoso
7	Franco limoso
8	Arcillo arenoso
9	Franco arcillo arenoso
10	Franco arenoso
11	Arenoso

1. Categorías de evaluación del drenaje.

Drenaje superficial (escorrentía).

Categoría	Código	Descripción
Extremadamente lento	ds1	El agua se queda en la superficie y gran parte del terreno está saturado con agua por períodos mayores de 30 días.
Lento	ds2	El agua drena lentamente, pero la mayor parte del terreno no queda saturada con agua durante 30 días consecutivos.
Bueno	ds3	El agua drena bien pero no excesivamente. En ninguna parte queda el terreno saturado con agua por más de 48 horas.
Rápido	ds4	El exceso de agua drena rápidamente aún en períodos de muchas precipitaciones.
Muy rápido	ds5	El exceso de agua drena muy rápidamente. El terreno no soporta el crecimiento de plantas y raíces cortas ni en el caso de suficientes precipitaciones.

2. Categorías de evaluación de la Pedregosidad.

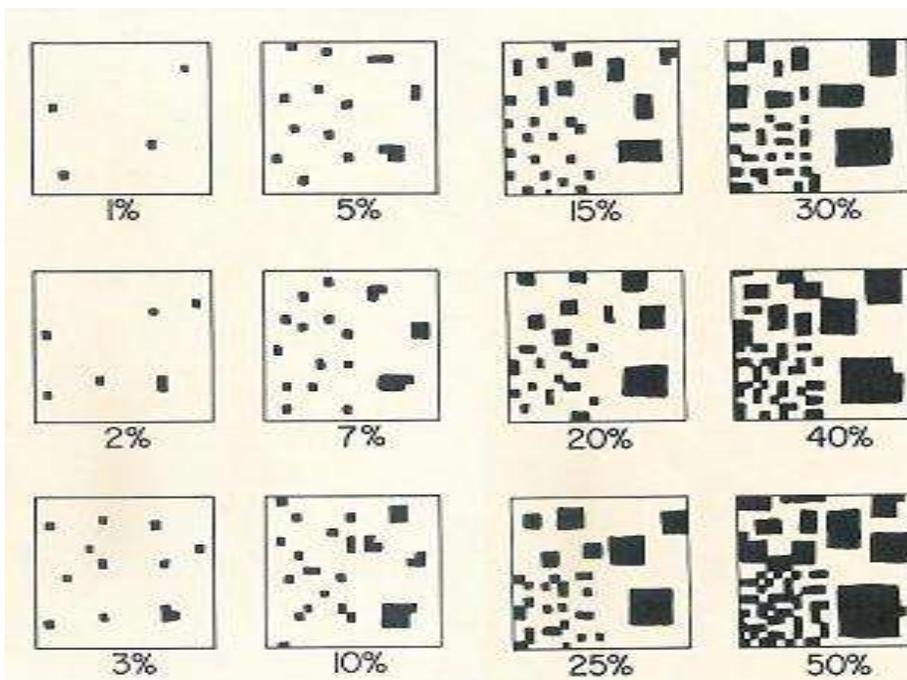
Los pedregones se refieren a la presencia de elementos rocosos sueltos cuyo diámetro supera los 25 cm, la pedregosidad a la presencia de elementos gruesos en la superficie, cuyos diámetros fluctúan entre 7,5 y 25,0 cm, y la gravillosidad se refiere a la presencia de gravas en la superficie, cuyos diámetros fluctúan entre 0,2 y 7,5 cm. Para su determinación se seleccionarán varias áreas de 100 m² (10 x 10 m) en el campo y se contarán las piedras presentes en cada una de ellas. Seguidamente se hallará la media aritmética de las cantidades de piedras correspondientes a las distintas áreas seleccionadas.

Las categorías de evaluación serán:

Código	Pedregosidad (%)	Categoría
0	0	Ninguna
1	0-2	Muy pocas
2	2-5	Pocas
3	5-15	Frecuentes
4	15-40	Muchas
5	40-80	Abundantes
6	> 80	Dominantes

3. Categorías de evaluación de Pedregones.

Para su determinación se sigue igual procedimiento que para la pedregosidad y la rocosidad, siendo también similares las categorías de evaluación.



4. Categorías de evaluación del Tipo de Erosión.

Este factor está relacionado de forma directa con otros factores edáficos como la pendiente, la composición mineralógica, la textura, la estructura y el régimen

hídrico a que está sometido el suelo.

Las categorías de evaluación de la erosión en relación a su tipo serán:

Código	Tipo de Erosión
1	Laminar
2	En surcos
3	En cárcavas

5. Categorías de evaluación de la Compactación.

La evaluación de la compactación se hará a partir de los datos del perfil, con un penetrómetro de impacto o abriendo pequeñas calas con pico o barreta, y utilizando el procedimiento del “cuchillo” en la cara vertical del perfil.

Código	Categoría	Descripción
0	No coherente	El suelo se desmenuza en las paredes de la cala cuando se toca con el cuchillo o espátula.
1	Suave	Se desmenuza menos, el cuchillo penetra con facilidad
2	Ligeramente compacto	Ofrece un poco de resistencia al cuchillo, es frágil, se rompe con las manos.
3	Compacto	Ofrece mediana resistencia al corte con cuchillo o pala, pero aún puede cortarse. Puede romperse con las manos pero con mucho esfuerzo.
4	Muy compacto	Difícil de cortar con la pala de suelo. Las paredes de la cala son muy firmes. El cuchillo penetra con dificultad. No puede romperse con las manos pero si con un martillo.
5	Extremadamente compacto	La pala de suelo penetra con mucho trabajo. El cuchillo sólo araña sin poder penetrar. La cohesión no desaparece aunque esté mojado por períodos largos. Al golpearlo produce sonido metálico.

Anexo 3. Levantamiento de factores edáficos limitantes de la producción cañera por lote, Bloque y UMMA en la UBPC Tayabacoa.

Lote	Bloq.	Campo	Área	Pendiente	Tipo Erosión_	compact	Profundid efectiva	Gravas	Pedreg.	Pedregones	Textura	Drenaje
1	378	1	4,03	1	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	2	4,73	1	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	3	6,57	1	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	4	6,75	2	2	1	3	2	2	2	10	2
1	378	5	5,74	2	2	1	3	2	2	2	10	2
1	378	6	5,69	2	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	7	4,58	2	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	8	4,33	2	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	9	4,27	2	2	1	3	2	2	2	10	2
1	378	10	3,99	2	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	11	1,32	2	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	12	2,92	1	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	13	1,31	1	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	14	8,26	1	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	15	8,13	2	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	16	3,07	2	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	17	0,78	2	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	18	1,87	1	1	1	3	2	2	2	10	2
1	378	19	4,39	2	2	1	3	2	2	2	10	2
1	378	20	2,38	2	1	1	3	2	2	2	10	2
1	380	1	6,98	1	1	3	4	1	1	2	1	5
1	380	2	4,04	1	1	3	4	1	1	2	1	5
1	380	3	7,58	1	1	3	4	1	1	2	1	5
1	380	4	6,34	1	1	3	4	1	1	2	1	5

1	380	5	5,41	1	1	3	4	1	1	2	1	5
1	380	6	5,59	1	1	3	4	1	1	2	1	5
1	380	7	6,04	1	1	3	4	1	1	2	1	5
1	380	8	4,34	1	1	3	4	1	1	0	1	5
1	381	1	3,93	1	1	1	4	2	2	3	10	2
1	381	2	5,74	2	1	1	4	2	2	3	10	2
1	381	3	2,71	1	1	1	4	2	2	3	10	2
1	381	4	3,41	1	1	1	4	2	2	3	10	2
1	381	5	4,38	1	1	1	4	2	2	3	10	2
1	381	6	2,61	1	1	1	4	2	2	3	10	2
1	381	7	0,88	1	1	1	4	2	2	3	10	2
1	382	1	4,47	2	1	1	3	2	2	3	10	2
1	382	2	2,39	2	1	1	3	2	2	3	10	2
1	382	3	6,12	2	1	1	3	2	2	3	10	2
1	382	4	2,13	2	1	3	3	2	2	3	10	2
1	382	4	2,13	2	1	1	3	2	2	3	10	2
1	382	4	4,53	2	1	1	3	1	2	3	10	2
1	382	5	3,90	2	1	1	3	2	2	3	10	2
1	382	6	2,23	2	1	1	3	2	2	3	10	2
1	382	6	2,23	2	1	1	3	2	2	3	10	2
1	382	7	5,43	2	1	1	3	2	2	3	10	2
1	382	8	6,27	2	1	1	3	2	2	3	10	2
1	382	9	6,59	2	1	1	3	2	2	2	10	2
1	383	1	2,90	1	1	1	3	2	2	2	10	2
1	383	2	5,37	1	1	1	3	2	2	2	10	2
1	383	3	4,48	1	2	3	3	2	2	2	10	2
1	383	4	5,37	1	1	3	3	2	2	2	10	2
1	383	5	5,74	1	1	3	3	2	2	2	10	2

1	383	6	7,87	1	2	3	3	2	2	2	10	2
1	383	7	7,17	1	1	3	3	2	2	2	10	2
1	383	8	7,88	1	1	3	3	2	2	2	10	2
1	383	9	5,79	1	2	3	3	2	2	2	10	2
1	383	10	11,24	1	2	1	3	2	2	2	10	2
1	383	10	7,31	1	1	3	3	2	2	2	10	2
1	383	11	5,25	1	2	3	3	2	2	2	10	2
1	383	12	6,70	1	1	3	3	2	2	2	10	2
1	384	1	11,36	1	1	3	5	1	1	4	10	2
1	384	2	3,95	1	1	3	5	1	1	4	10	2
1	384	2	3,95	1	1	3	5	1	1	4	10	2
1	384	3	9,45	1	1	3	5	1	1	4	10	2
1	384	4	3,51	1	1	3	5	1	1	4	10	2
1	384	5	9,79	1	2	3	5	1	1	4	10	2
1	384	6	7,33	2	1	1	5	1	1	4	10	2
1	385	2	4,27	1	1	1	4	1	1	3	10	2
2	385	3	5,53	1	1	1	4	1	1	3	10	2
2	385	4	2,67	1	1	1	4	1	1	3	10	2
2	385	5	4,80	1	1	1	4	1	1	3	10	2
2	385	6	4,75	1	1	1	4	1	1	3	10	2
2	385	8	4,41	1	1	1	4	1	1	3	10	2
2	385	9	3,32	1	1	1	4	1	1	3	3	3
2	385	10	2,94	1	1	1	4	1	1	3	3	3
2	385	11	7,79	2	2	1	4	1	1	3	3	3
2	385	12	4,71	2	2	1	4	1	1	3	3	3
2	385	13	2,76	1	1	1	4	1	1	3	3	3
2	385	14	5,14	1	1	1	4	1	1	3	3	3
2	385	15	4,89	1	1	1	4	1	1	3	3	3

2	385	16	5,18	2	2	2	4	1	1	3	3	3
2	385	17	4,74	2	2	2	4	1	1	3	3	3
2	385	18	2,11	2	2	2	4	1	1	3	3	3
2	385	19	5,16	2	2	2	4	1	1	3	3	3
2	385	20	6,42	2	2	2	4	1	1	3	3	3
2	385	21	6,11	2	2	2	4	1	1	3	3	3
2	388	1	2,10	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	2	0,44	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	2	2,83	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	3	3,62	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	4	4,38	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	5	5,16	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	6	3,65	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	7	1,33	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	8	3,32	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	9	4,14	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	10	4,94	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	11	3,59	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	12	2,60	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	14	3,55	2	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	14	2,80	2	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	15	3,39	2	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	16	3,26	2	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	17	3,60	2	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	18	4,37	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	19	3,58	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	388	20	2,66	1	1	1	2	2	2	2	10	2
2	389	3	3,81	1	1	1	3	1	1	3	10	2

2	389	4	2,08	1	1	1	3	1	1	3	10	2
2	389	5	2,59	2	1	1	3	1	1	3	10	2
2	389	6	1,61	1	1	1	3	1	1	3	10	2
2	389	7	2,94	1	1	1	3	1	1	3	10	2
2	389	8	2,53	2	1	1	3	1	1	3	10	2
2	389	9	1,30	1	1	1	3	1	1	3	10	2
2	389	10	2,46	1	1	1	3	1	1	3	10	2
2	389	11	2,42	1	1	1	3	1	1	3	10	2
2	389	12	4,80	2	1	1	3	1	1	3	10	2
2	389	13	3,93	1	1	1	3	1	1	4	10	2
2	389	14	4,31	1	1	1	3	1	1	4	10	2
2	389	15	3,95	2	1	1	3	1	1	4	10	2
2	389	16	3,97	1	1	1	3	1	1	4	10	2
2	389	17	5,79	1	1	2	3	1	1	4	10	2
3	379	1	7,25	2	2	2	3	1	1	4	3	3
3	379	2	7,30	2	2	2	3	2	2	4	3	3
3	379	3	9,78	2	2	2	3	2	2	4	3	3
3	379	4	8,14	2	2	2	3	2	2	4	3	3
3	379	5	5,49	2	2	2	3	2	2	4	3	3
3	379	6	8,67	2	2	2	3	2	2	4	3	3
3	379	7	6,15	2	2	2	3	2	2	4	3	3
3	379	8	5,70	2	2	2	3	2	2	4	3	3
3	379	9	4,61	2	2	2	3	2	2	4	3	3
3	379	10	2,15	2	2	2	3	2	2	4	3	3
3	379	11	5,46	2	2	2	3	2	2	4	3	3
3	393	1	3,93	1	1	1	5	2	2	5	3	3
3	393	2	5,53	2	1	1	5	2	2	5	3	4
3	393	3	2,89	2	1	1	5	2	2	5	3	4

3	393	4	4,74	2	2	1	5	2	2	5	3	4
3	393	5	6,77	2	2	1	5	2	2	5	3	4
3	393	6	3,90	2	2	1	5	2	2	5	3	4
3	393	7	3,42	2	2	2	5	2	2	5	3	4
3	393	8	4,19	2	1	2	5	2	2	5	3	4
3	393	9	2,33	2	1	2	5	2	2	5	3	4
3	393	10	3,57	2	1	2	5	2	2	4	3	4
3	394	4	3,43	2	1	1	4	2	2	4	1	5
3	394	5	8,64	2	1	1	4	2	2	4	1	5
3	394	6	4,27	2	1	1	4	2	2	4	1	5
3	394	7	6,19	2	2	1	4	2	2	4	1	5
3	394	8	6,49	2	2	1	4	2	2	4	1	5
3	394	9	6,06	2	1	1	4	2	2	3	1	5
3	394	10	0,99	2	1	1	4	2	2	3	1	5
3	394	11	2,03	2	1	1	4	2	2	3	1	5
3	394	12	4,37	2	1	1	4	2	2	3	1	5
3	394	13	4,81	2	1	1	4	2	2	3	1	5
3	396	1	2,49	2	1	1	3	2	2	2	3	3
3	396	2	6,00	2	1	1	3	2	2	2	3	3
3	396	3	1,74	2	1	1	3	2	2	2	3	3
3	396	4	6,79	2	1	1	3	2	2	2	3	3
3	396	5	3,91	2	1	1	3	2	2	2	3	3
3	396	6	6,79	2	1	1	3	3	2	2	3	3
3	396	7	3,97	2	1	1	3	3	2	2	3	3
3	396	8	3,82	2	1	1	3	3	2	2	3	3
3	399	1	7,61	2	1	1	3	3	2	2	3	3
3	399	2	7,89	2	1	1	3	3	2	2	3	3
3	399	3	9,67	2	1	1	3	3	2	2	3	3

3	399	4	6,07	2	1	1	3	3	2	2	3	3
3	399	5	2,54	2	1	1	3	3	2	2	3	3
3	3101	10	4,17	2	2	2	4	3	3	3	3	3
3	3101	1	4,39	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3101	2	3,37	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3101	3	3,81	2	2	2	4	3	3	3	3	3
3	3101	4	4,55	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3101	5	2,90	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3101	6	2,62	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3101	7	3,99	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3101	8	2,99	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3101	9	5,47	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3102	11	3,69	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3102	12	3,61	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3102	13	2,50	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3102	14	4,68	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3102	15	10,06	2	2	2	4	3	3	3	3	3
3	3102	16	2,89	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3102	17	5,45	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3102	18	2,78	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3102	19	7,25	2	1	2	4	3	3	3	3	3
3	3105	2	9,12	2	1	1	5	2	2	4	3	3
3	3105	3	3,61	2	2	1	5	2	2	4	3	3
3	3106	7	4,13	2	2	1	4	2	2	4	3	3
3	3106	7	3,37	2	2	1	4	2	2	4	3	3
3	3106	8	4,20	2	2	1	4	2	2	4	3	3
3	3106	9	2,67	2	2	1	4	2	2	4	3	3
3	3106	10	5,54	2	2	1	4	2	2	4	3	3

3	3106	11	4,85	2	2	1	4	2	2	4	3	3
3	3106	12	3,96	2	2	1	4	2	2	4	3	3
3	3107	1	3,78	2	2	1	5	1	1	3	3	3
3	3107	2	5,83	2	2	1	5	1	1	3	3	3
3	3107	3	4,02	2	2	1	5	1	1	3	3	3
3	3107	4	4,52	2	2	1	5	1	1	3	3	3
3	3107	5	3,52	2	2	1	5	1	1	3	3	3
3	3107	6	4,67	2	2	1	5	1	1	3	3	3
3	3107	7	3,37	2	2	1	5	1	1	3	3	3
3	3107	8	4,03	2	2	1	5	1	1	3	3	3
3	3107	9	10,45	2	2	1	5	1	1	3	3	3
3	3107	11	4,58	2	2	1	5	1	1	3	3	3
3	3107	12	4,72	2	2	1	5	1	1	3	3	3
4	3108	1	5,44	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3108	2	4,89	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3108	3	6,07	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3108	4	8,83	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3108	5	3,63	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3108	6	3,67	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3108	7	3,13	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3109	1	2,49	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3109	2	1,75	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3109	3	1,81	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3109	4	9,31	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3109	5	6,30	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3109	5	4,06	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3109	6	7,94	1	1	1	2	2	2	2	1	5
4	3111	1	7,54	2	1	2	3	3	3	2	3	3

4	3111	2	10,70	2	1	2	3	3	3	2	3	3
4	3111	3	7,97	2	1	2	3	3	3	2	3	3
4	3111	4	6,93	2	1	2	3	3	3	2	3	3
4	3111	5	6,51	2	2	2	3	3	3	2	3	3
4	3111	6	2,64	2	2	2	3	3	3	2	3	3
4	3111	7	4,70	2	1	2	4	3	3	3	3	3
4	3111	8	5,14	2	1	2	4	3	3	3	3	3
4	3113	1	0,69	1	1	1	4	3	3	3	3	3
4	3113	2	2,70	1	1	1	4	3	3	3	3	3
4	3113	3	3,14	1	1	1	4	3	3	3	3	3
4	3113	4	8,18	1	1	1	4	3	3	3	3	3
4	3113	5	3,59	1	1	1	4	3	3	3	3	3
4	3113	6	2,96	1	1	1	4	3	3	3	3	3
4	3113	7	4,21	1	1	1	3	3	2	2	3	3
4	3113	8	3,25	1	1	1	3	3	2	2	3	3
4	3113	9	1,51	1	1	1	3	3	2	2	3	3
4	3113	9	7,84	1	1	1	3	3	2	2	3	3
4	3113	10	2,85	1	1	1	3	3	2	2	3	3
4	3113	11	2,51	1	1	1	3	3	2	2	3	3
4	3113	12	3,39	1	1	1	3	3	2	2	3	3
4	3113	13	4,99	1	1	1	3	3	2	2	3	3
4	3113	15	6,17	1	1	1	3	3	2	2	3	3
4	3113	16	5,11	1	1	1	3	3	2	2	3	3
4	3113	17	3,05	1	1	1	3	3	2	2	3	3
4	3114	1	9,55	1	1	1	3	2	2	2	3	3
4	3114	2	7,05	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3114	3	7,50	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3114	5	7,68	1	1	1	2	2	2	2	3	3

4	3114	6	6,45	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3115	9	8,65	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3115	10	6,62	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3116	2	4,77	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3116	3	7,51	1	1	1	1	2	2	2	3	3
4	3116	4	9,57	1	1	1	1	2	2	1	3	3
4	3117	1	5,28	1	1	1	1	1	1	1	3	3
4	3117	2	8,83	1	2	1	1	1	1	1	3	3
4	3118	1	9,19	1	1	1	1	1	1	1	3	3
4	3118	2	5,03	1	1	2	1	1	1	1	3	3
4	3118	3	4,00	1	1	2	1	1	1	1	3	3
4	3118	4	6,15	1	1	2	1	1	1	1	3	3
4	3118	5	6,92	1	1	2	1	1	1	1	3	3
4	3118	6	7,27	1	1	2	1	1	1	1	3	3
4	3118	7	5,12	1	1	2	1	1	1	1	3	3
4	3118	8	10,97	1	1	2	1	1	1	1	3	3
4	3118	9	8,85	1	1	2	1	1	1	1	3	3
4	3121	1	1,80	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3121	2	4,53	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3121	3	8,01	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3121	4	7,57	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3121	5	3,73	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3121	6	4,41	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3126	1	13,36	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3126	2	12,45	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3126	3	5,50	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3127	1	4,76	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3127	2	3,59	1	1	1	2	2	2	2	3	3

4	3127	3	3,76	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3127	4	5,61	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3127	5	5,88	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3127	6	5,19	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3127	7	3,64	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3127	8	7,75	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3127	9	8,28	1	1	1	2	2	2	2	3	3
4	3129	1	5,50	1	1	1	3	2	2	2	3	3
4	3129	2	4,02	1	1	1	3	2	2	2	3	3
4	3129	3	6,87	1	1	1	3	2	2	2	3	3
4	3129	4	2,75	1	1	1	3	2	2	2	3	3
4	3129	4	3,33	1	1	2	3	2	2	2	3	3