

UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
JOSÉ MARTÍ PÉREZ



FACULTAD DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL

Trabajo de Diploma

*Principales limitantes técnico-productivas que inciden en
la producción cañera de la UBPC Siguaney, perteneciente
a la empresa azucarera Melanio Hernández.*

Autor: Efraín Rodríguez Hernández

Sancti Spiritus, Junio de 2011

**UNIVERSIDAD DE SANCTI SPÍRITUS
JOSÉ MARTÍ PÉREZ**

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



Trabajo de Diploma

*Principales limitantes técnico-productivas que inciden en
la producción cañera de la UBPC Siguaney, perteneciente
a la empresa azucarera Melanio Hernández.*

Autor: Efraín Rodríguez Hernández

Tutor: MSc. Irán Rodríguez Delgado

Sancti Spíritus, Junio de 2011

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 esposa y mis hijos por el apoyo brindado durante los años de estudios y su magnífica cooperación en esta gran tarea.*

- *A mis hermanos por dar, sobre todas las cosas, amor a mi vida.*

- *A mis compañeros de estudios que me brindaron su apoyo en los momentos difíciles.*

AGRADECIMIENTO.

- *Al colectivo de profesores de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad de Sancti Spíritus.*
- *A mi tutor 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

El trabajo se realizó con el objetivo de determinar las principales limitantes técnico-productivas que inciden en la producción cañera de la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Siguaney. El estudio abarcó los tres lotes cañeros que conforman la unidad productora, que se caracteriza por presentar disminución sostenida del rendimiento agrícola a partir de la zafra 2006-2007. Para ello se realizó diagnóstico participativo a partir de la implementación de un sistema extensión agrícola liderado por los actores del proceso productivo y la utilización de diferentes herramientas para el desarrollo del diagnóstico, taller participativo, entrevistas, árbol de problemas, árbol de objetivos y plan de acción encaminado a la solución estratégica de la problemática detectada, además se efectuó evaluación de factores edáficos limitantes de la producción utilizando las normas metodológicas para estudios de suelos y manejo integral de caña de azúcar (INICA, 2003), soportado en Sistema de Información Geográfica (SIG). Se concluyó que los principales factores que afectan la producción agrícola son la compactación, drenaje, hidromorfía y profundidad efectiva. Se recomendó el desarrollo de un grupo de acciones a través del empleo de las diferentes herramientas de la extensión agrícola y la aplicación de sistemas de labranza y descompactación de las áreas de retoño que permitan disminuir la densidad del suelo, elevar la porosidad y facilitar la penetración de las raíces.

SUMMARY

The work was made with the objective to determine the main technical-productive limit that they affect the farming production of the Basic Unit of Production Cooperative (UBPC) Siguaney. The study included the three farming lots that conform the producing unit, that is characterized to present maintained diminution of the agricultural yield from drip jar 2006-2007. For it participant diagnosis from the implementation of a system was made agricultural extension led by the actors of the productive process and the use of different tools for the development from the diagnosis, participant factory, interviews, tree of problems, tree of objectives and plan of action directed to the detected strategic solution of the problematic one, in addition evaluation of limit edaphic factors of the production took place using the methodology norms for soils studies and sugar integral cane handling (INICA, 2003), supported in Geographical Information of System (SIG). One concluded that the main factors that affect the agricultural production are the compaction, drainage, hidromorfy and effective depth. The development of a group of actions through the use of the different tools from the agricultural extension and the application of farming systems and descompactation of the sprout areas was recommended that allow to diminish the density of the soil, to elevate the porosity and to facilitate the penetration by the roots.

ÍNDICE

Resumen

Introducción.....	1
1. Capítulo I. Revisión bibliográfica.....	5
1.1 Marco teórico referencial de la investigación.	5
1.2 El cultivo de la caña de azúcar.....	6
1.2.1 Antecedentes de la Caña de Azúcar en Cuba.....	6
1.2.1.1 Breve reseña histórica	6
1.2.1.2 Surgimiento y evolución de las UBPC Cañeras.....	6
1.2.2 Morfología de la caña de azúcar.....	8
1.2.2.1 Variedades.....	9
1.3. Agrotécnica de la caña de azúcar.....	10
1.3.1 Preparación de suelos y surque.....	10
1.3.2 Fertilización mineral.....	11
1.3.3 Labores de cultivo y descompactación.....	12
1.3.3.1 <i>Cultivo profundo</i>	12
1.3.3.2 <i>Cultivo tradicional</i>	13
1.4 Composición de cepa.....	13
1.5 Maquinaria agrícola.....	14
1.6 La quema y la caña de azúcar.....	15
1.7 Capital humano.....	17
1.8 Sistema de Información Geográfica (SIG).....	18
1.9. Extensión agrícola.....	19
1.9.1 Concepto.....	19
1.9.2 Funciones del sistema de Extensión Agrícola.....	19
1.9.3 El sistema de extensión en el MINAZ.....	20
1.9.4 Escenario cañero actual de la Extensión Agrícola.....	20
1.9.5 Etapas de la Adopción de nuevas tecnologías.....	21
1.9.6 Las herramientas de la extensión agrícola.....	21

1.9.7 Diagnóstico Participativo.....	22
1.10 Factores edáficos limitantes en la agricultura cañera.....	23
1.10.1 Factores edáficos y fisiográficos.....	25
1.10.2 Factores edáficos limitantes de la producción agrícola.	25
1.10.2.1 Profundidad efectiva.....	26
1.10.2.2 Pendiente.....	27
1.10.2.3 Compactación.....	28
1.10.2.4 Drenaje.....	30
2. Capítulo II. Materiales y métodos.....	32
2.1 Caracterización general de la UBPC Siguaney.....	32
2.1.1 Ubicación y límites fisiográficos.	32
2.1.2 Misión.....	33
2.1.3 Visión.....	33
2.1.4 Estructura organizativa.....	33
2.1.5 Distribución del área.....	34
2.1.6 Distribución de suelos.....	34
2.1.7 Precipitaciones.....	35
2.1.8 Recursos humanos.....	36
2.1.9 Medios de producción.....	37
2.1.10 Variedades comerciales de caña de azúcar.....	37
2.1.11 Rendimiento agrícola.....	38
2.1.12 Situación económica.....	39
2.2 Procedimiento.....	40
2.2.1 Diagnostico.....	40
2.2.2 Evaluación de factores edáficos limitantes de la producción agrícola..	41
3. Capítulo III. Resultados y discusión.....	42
3.1 Resultados de las entrevistas.....	42
3.2 Incidencia de la quema de caña.....	43
3.2 Evaluación de factores edáficos limitantes de la producción cañera.....	46

3.2.1 Profundidad efectiva.....	46
3.2.2 Pendiente del terreno.....	48
3.2.3 Drenaje.....	49
3.2.4 Compactación del suelo.....	51
3.3 Elaboración del árbol de problemas.....	54
3.3.1 Elaboración del árbol de objetivos.....	55
3.3.2 Plan de acción.....	56
4. Conclusiones generales.....	59
5. Recomendaciones.....	60
6. Bibliografía	
7. Anexos	

INTRODUCCIÓN

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 (Balmaseda y Ponce de León, 2009).

El cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) en Cuba 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).

Socorro (2003) planteó que en Cuba 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.

Según se expresa en el documento de desarrollo sostenible y recursos naturales con referencia a la Agenda 21 Cubana (Agenda 21, 2004), 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).

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

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 extensión agrícola abarca la adopción de tecnología por los agricultores o su adecuación a las características propias y disponibilidad de recursos. No sólo abarca la esfera tecnológica y económica sino que concierne a la extensión cultural, al mejoramiento de la sociedad, a la satisfacción de las necesidades de la comunidad rural y por tanto al mejoramiento de la calidad de la vida. Con esta misión la extensión agrícola constituye un proceso que no puede ser sometido a la espontaneidad, sino que debe ser organizada y dirigida. La difusión del conocimiento y la promoción de nuevas ideas en el entorno rural mediante el trabajo de extensión requieren la conceptualización de los servicios como un sistema en el cual a través del uso de diferentes métodos y procedimientos se logren las metas trazadas. El trabajo de extensión como sistema integra varios métodos y procedimientos que deberán combinarse e integrarse armónicamente de acuerdo a las características locales, referentes a factores geográficos, materiales y humanos. En todo caso el criterio de organización racional deberá estar presente. A esto se debe añadir que cada método o procedimiento permite determinada acción y sirve para propósitos específicos dentro del sistema.

(Zambrano *et al.*, 2005).

Según Fernández (2005) en el desarrollo rural es necesario actuar primeramente sobre realidades, en las cuáles se puede incidir, cambiar y ayudar más rápidamente; por ello el diagnóstico resulta ser una acción participativa práctica y sencilla que permite descubrir y construir el conocimiento campesino como base fundamental en la búsqueda de alternativas de solución a sus problemas. Para Michael Crozier el recurso esencial el que va a dar la diferencia a largo plazo, no es el recurso material, no es siquiera el recurso financiero. Es el recurso humano, no por su número, sino por su calidad, adaptabilidad y capacidad de desarrollo.

A pesar de la importancia para la vida, el Suelo no ha recibido de la sociedad la atención que merece. Su degradación es una seria amenaza para el futuro de la

humanidad. Una de las alternativas para mitigar este problema es trabajar por evaluar y monitorear la calidad de los Suelos. Por lo tanto, los científicos se enfrentan al triple desafío de intensificar, preservar e incrementar la calidad de la tierra. 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).

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 (Cassman *et al.*, 2007).

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 (Cuellar *et al.*, 2002).

La disminución sostenida de la producción agrícola en los últimos años en la Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Siguaney ha estado influenciada por un conjunto de limitantes técnico-productivas, condiciones que puede afectar las potencialidades de desarrollo de las presentes y futuras generaciones.

Problema científico.

¿Cuáles son las principales limitantes técnico-productivas y su incidencia en la disminución sostenida de los rendimientos agrícolas en caña de azúcar en la UBPC Siguaney?

Objetivo general

Determinar las principales limitantes técnico-productivas que inciden en la producción cañera de la UBPC Siguaney.

Objetivos específicos

1. Realizar diagnóstico del sistema productivo.
2. Evaluar los factores edáficos limitantes de la producción cañera en la UBPC Siguaney, soportando la información en Sistema de Información Geográfica (SIG).
3. Elaborar el plan de acción que responda a la problemática detectada en el diagnóstico.

Hipótesis

El conocimiento de las principales limitantes técnico-productivas y su incidencia en la disminución sostenida del rendimiento agrícola contribuirá a incrementar la producción cañera en la UBPC Siguaney, perteneciente a la empresa azucarera Melanio Hernández.

Valor teórico

Está dado por los resultados de la construcción del marco teórico y referencial, a partir de un análisis de los métodos, procedimientos y herramientas de la extensión agrícola en el Ministerio del Azúcar, además de las Normas Metodológicas para el estudio Integral de la Caña de Azúcar, así como la elaboración del plan de acción que permite dar respuesta a la problemática detectada.

Valor metodológico

Se manifiesta en la posibilidad de integrar de forma coherente conceptos de diferentes orígenes y áreas del saber, con el objetivo de determinar las principales limitantes técnico-productivas que permiten centrar el trabajo estratégico de la unidad productora.

Valor práctico

Se relaciona con la implementación del método que permite aplicar el plan de acción emanado del diagnóstico realizado, lo que implica un mejoramiento en la efectividad técnica de las diferentes direcciones funcionales de la unidad, con un incremento en los rendimientos agrícolas.

Capítulo I. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Marco teórico referencial de la investigación.

La revisión de la literatura especializada y otras fuentes, se estructuró de forma tal, que permitiera el análisis de la temática objeto de estudio, posibilitando crear las bases teórico-prácticas del proceso de investigación y con ello, contribuir a sustentar los principales resultados obtenidos, así como su valor metodológico y práctico, para lo cual se elaboró el hilo conductor de dicho marco teórico referencial (Figura 1).

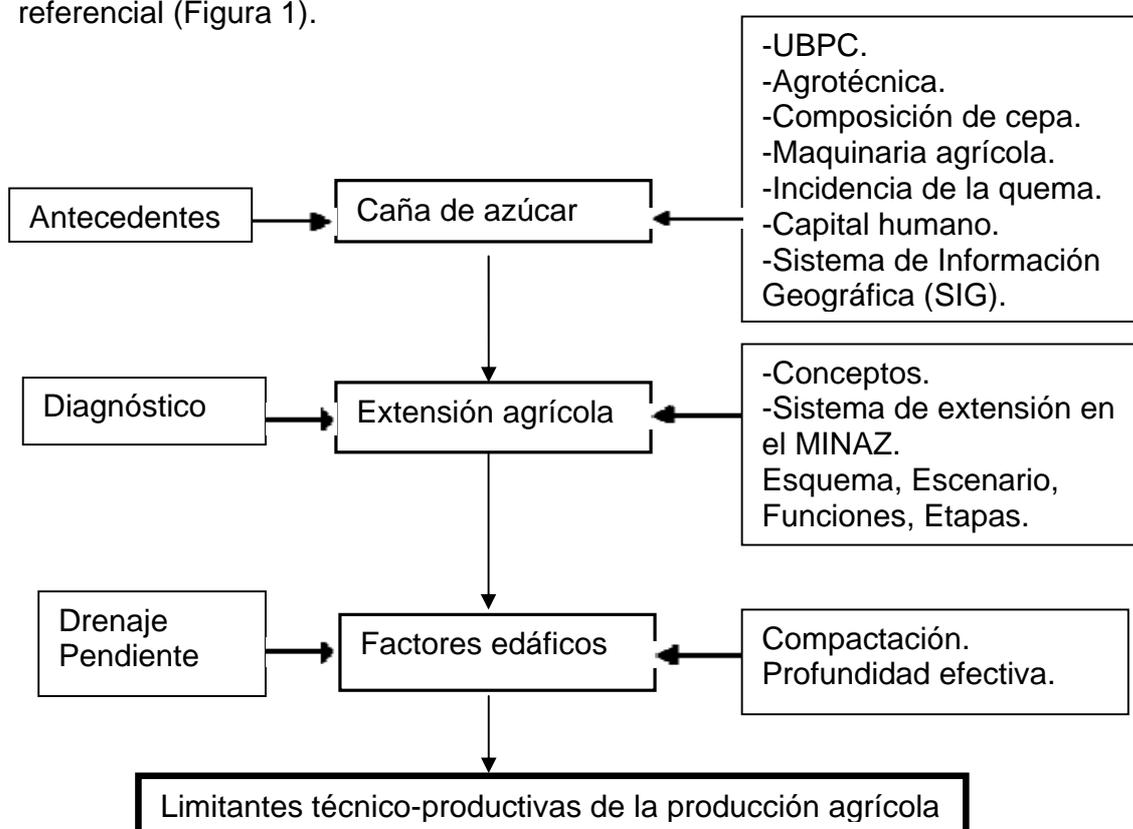


Figura 1. Diagrama del hilo conductor del marco teórico referencial (Elaboración propia).

La construcción del marco teórico y referencial de la investigación se constituyó en un análisis interactivo de la bibliografía y otras fuentes con vistas a una conceptualización objetiva de las principales definiciones, elementos y tendencias en este campo.

1.3 El cultivo de la caña de azúcar

1.2.1 Antecedentes de la Caña de Azúcar en Cuba

1.2.1.1 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 elaboración y fabricación de azúcar en forma cristalizada comenzó a finales del siglo XVII (Nova, 2000).

La agroindustria azucarera tuvo un desarrollo de gran dinamismo y Cuba junto con otros territorios de El 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. Por ello desde la década de los 20 prácticamente no se realizan nuevas inversiones en la agroindustria; no se construyen nuevos centrales.

1.2.1.2 Surgimiento y evolución de las UBPC Cañeras.

Con el triunfo de la revolución en enero de 1959, la agroindustria azucarera adquiere mayor importancia y relevancia. 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 Unidades Básicas de Producción Cooperativa (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 (1996) considera 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.

Sulroca (2000) plantea que 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.

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).

En Cuba 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).

1.2.2 Morfología de la caña de azúcar.

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*

Según Santana *et al.* (2007) la caña de azúcar se presenta en forma de macollas o plantones, constituidos a su vez de tallos aéreos cilíndricos, de hasta 3-4 metros de longitud, en dependencia de la variedad y las condiciones de desarrollo. Se propaga asexualmente por medio de trozos o canutos que contienen las yemas. Cada yema puede desarrollarse en un tallo primario, el cual a su vez forma tallos secundarios y estos terciarios, etc. (Figura 2).

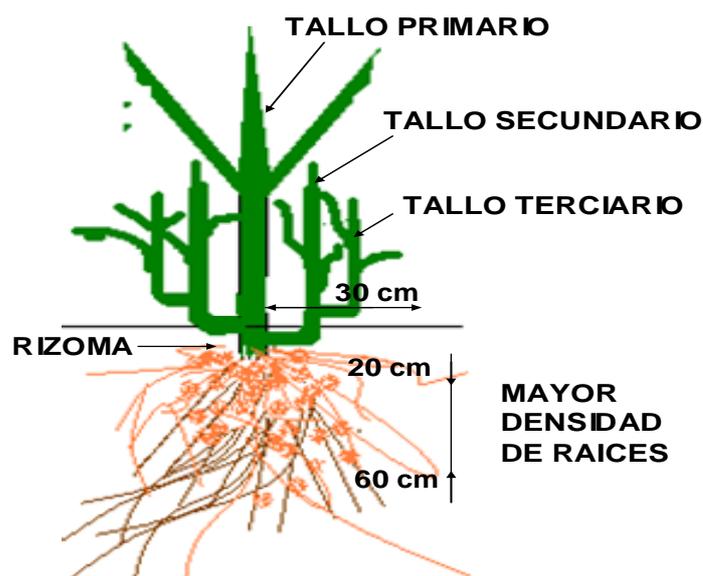


Figura 2. Morfología de la caña de azúcar.

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

La yema está ubicada en la banda de las raíces y normalmente se presenta una por cada nudo. Pueden tener distintos tipos de formaciones, triangular, ovalada, abobada, pentagonal, romboidea, redonda, oval, picuda y triangular, lo que depende de la variedad. .

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.

En la medida que aumenta el número cortes el proceso de retoñamiento declina el rendimiento agrícola, ya que el rebrote se realiza en la sección superior del rizoma (subterránea), provocándose un ascenso de la base de la cepa, que limita el proceso de formación de vástagos para dar nuevos tallos aéreos.

1.2.2.1 Variedades

La sensibilidad de una variedad ante un conjunto integrado de cualidades, principalmente relacionadas con el suelo, no siempre es evidente y casi nunca registrada experimentalmente aunque los resultados aislados de investigaciones unidos a la observación diferencial en tiempo y espacio conforman una especie de criterio que generalmente se expresa así: "...tal variedad requiere suelos buenos". Tales criterios, de no existir información documentada, deberán ser ordenados y subordinados a los grupos de expertos.

Existen determinadas condiciones que influyen en la acumulación de agua en el suelo y afectan el desarrollo diferencial de las variedades de caña de azúcar. Las

variedades son más o menos sensibles al drenaje del bloque, algunas exigen un excelente drenaje y otras resisten condiciones de drenaje, pero todas se verán afectadas negativamente por el mal drenaje. Por ello se considerará resistente a un mal drenaje variedades que aunque son superiores a sí mismas en condiciones de drenaje normales, producen por encima que cualquier otra bajo condiciones de drenaje deficiente. Algo similar deberá suceder para dar la categoría de regular (SERVAS, 1998).

1.3 Agrotécnica de la caña de azúcar.

1.3.1 Preparación de suelos y surque.

Las labores de preparación de suelos se realizan con el objetivo fundamental de formar el lecho adecuado para la «siembra» y crear condiciones para el posterior desarrollo de la plantación. Sus características se determinan en función del relieve, el clima, los suelos y sus propiedades físicas, químicas y principales factores limitantes. Sus objetivos específicos, como conjunto de labores se traducen en la obtención de los siguientes resultados:

- a) Elevada profundidad de rotura en concordancia con el tipo de suelos, pero siempre superior en 5 cm a la profundidad prevista para el surcado. Para suelos profundos es aceptable lograr un lecho mullido de 30 a 35 cm. para surcar a 25 o 30; en suelos menos profundos un lecho de 25 para surcar a 20.
- b) Suelo suficientemente mullido para que se logren más de 85 por ciento de partículas menores que 50 mm. en el fondo y paredes de los surcos que se elaboren y la ausencia de cantidades significativas de partículas mayores que 150 mm.
- c) Micro relieve liso sin irregularidades que no admitan el encharcamiento de agua;
- d) Camellón mullido suficientemente para posibilitar la apertura de zanjillas para el riego por gravedad o la formación de semicanteros en las áreas de mal drenaje.
- e) Reducción de la población de malas hierbas.

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 por ciento antes del 31 de agosto.

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, se procederá a mullir el suelo con gradas cuando también sea necesario controlar la reproducción de malezas y se surcará considerando la una rápida plantación (Santana *et al.*, 2007).

1.3.2 Fertilización mineral.

El volumen de fertilizantes aplicado durante los últimos 25 años refleja un alto grado de correspondencia con la producción cañera, lo que indica que con una nutrición adecuada de las plantas, pueden lograrse incrementos de producción muy superiores a los que se obtienen en campos no fertilizados.

La caña de azúcar, como toda especie vegetal, requiere de un conjunto de nutrientes para su crecimiento y desarrollo, cuyas necesidades varían cuantitativamente, ya que algunos elementos que se consumen en cantidades muy pequeñas son también indispensables para el desarrollo de las plantaciones. Se consideran como elementos esenciales el nitrógeno, el fósforo y el potasio.

- Nitrógeno (N). Fundamental para el crecimiento y desarrollo vegetativo, vinculado a la formación de la biomasa – tallos y hojas principalmente.
- Fósforo (P). Necesario para el desarrollo radical y todo el proceso bioenergético.
- Potasio (K). Fundamental como regulador hídrico y enzimático vinculado a la acumulación de sacarosa en los tallos.

1.3.3 Labores de cultivo y descompactación.

Según Santana *et al.* (2007) 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.

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 ASAE, 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.

1.3.3.1 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 ya una profundidad superior a los 25 cm.

1.3.3.2 Cultivo tradicional

Según Santana *et al.* (2007) 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.

1.4 Composición de cepa.

Según Santana *et al.* (2007) Los tallos (primarios, secundarios, terciarios) que surgen, su corte y el retoñamiento posterior durante varios años, da lugar a las diferentes cepas de caña, para lo cual se tiene en cuenta el número de cortes y la edad de la caña al momento de la cosecha:

- **Cañas nuevas:** Deben lograr como mínimo una población de 10 tallos por metro lineal de surco para alcanzar una población mínima final a los 45 días de plantada de 90 a 95 % en primavera y de 95 a 98 en las de frío. Según la época del año en que fueron plantadas se denominan «primavera» o «frío» que se cosechan con 12-14 y 15-18 meses de edad respectivamente
- **Retoños:** En Cuba al retoño que surge del primer corte se le denomina «soca», al otro, primer retoño, al sucesivo segundo, luego tercero y así sucesivamente.

- **Quedadas:** Las que según la época de plantación no alcancen en el momento de la zafra la edad mínima de 12 meses, o por otros factores, y no se llevan a corte dejándose su cosecha para la siguiente zafra. Pueden ser primaveras quedadas (siembras de mayo junio) o retoños quedados.

La edad de corte estará en un intervalo de 12 a 22 meses de acuerdo con el tipo de cepa, salvo excepciones obligadas. En general es deseable que la edad media ponderada de corte de cualquier cepa esté entre 13 y 14 meses. En particular los fríos se cortan con edad entre 16 y 18 meses y salvo excepciones con 19 ó 20 meses y hasta con 15 meses o menos; los retoños quedados se cortan primero que las Primaveras quedadas; las primaveras quedadas se cosecharán con edad que fluctúa de 18 a 20 meses y de manera excepcional hasta con 24 meses; los retoños del año se cosecharán siempre con edad que oscila entre 12 y 15 meses.

Según Santana *et al.* (2007) Para agricultores pequeños, de limitados recursos, el desyerbe manual es un componente importante de las prácticas de manejo de malezas. Sin embargo, su eficacia está limitada por condiciones de humedad del suelo y disponibilidad por los crecientes costos de la mano de obra, y por tanto, debe ejecutarse bajo condiciones de suelo seco y, siempre que sea posible, en combinación con otros métodos de control, como labores de cultivo de desyerbe al entresurco o después del efecto de control de una aplicación en banda de herbicidas. También es muy útil en áreas donde sea necesario extirpar especies de difícil control. Sin embargo, su efecto es de muy corta duración y puede causar daños directos al cultivo. Este método en plantaciones grandes tiende a desaparecer, por la creciente escasez y elevado costo de la mano de obra para tan agotadora y poco productiva labor

1.5 Maquinaria agrícola

El paso de la maquinaria sobre el suelo cuando este presenta consistencia plástica lleva al surgimiento de capas compactadas subsuperficiales, 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 (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.

1.6 La quema y la caña de azúcar.

El cambio climático y el calentamiento global continúan siendo temas de considerable debate científico y de gran inquietud pública. La agricultura juega un importante papel en el balance de los tres gases de efecto invernadero más significativos, cuyas emisiones son producto de la actividad humana. Estos gases son: dióxido de carbono (CO₂), óxido de nitrógeno (N₂O) y metano (CH₄). (Snyder *et al.*, 2008).

La quema de caña de azúcar libera CO₂, N₂O y otros compuestos que se acumulan en la atmosfera, destruyen la capa de ozono y contribuyen al calentamiento global. Se calcula que por cada hectárea quemada se emite a la atmosfera 24 toneladas de CO₂ (Cuellar *et al.*, 2003).

La quema de rastrojos produce numerosos efectos indeseables especialmente sobre el suelo (incremento de la erosión y pérdida de la fertilidad a largo plazo), la atmósfera (gases invernadero), la vegetación, la fauna y el paisaje. Además de la destrucción de residuos de las cosechas, que son una fuente importante de materia orgánica, se produce una desnudez total del suelo durante un tiempo que aunque no muy largo, coincide con la época de lluvias torrenciales acentuando el riesgo de erosión. Con la quema de los residuos de cosecha se vierten a la atmósfera 0.041 t de N₂O por ha, los cuales tienen un potencial de calentamiento 250 veces mayor que el CO₂ (Salgado *et al.*, 2001).

Durante los meses de zafra, principalmente de febrero a abril, son frecuentes los incendios ocasionales en las áreas cañeras, los cuales dañan las plantaciones que van a ser cosechadas y las áreas cosechadas verde que crecen como retoños. En el periodo enero-mayo de 2009, en la UBPC Tuinucú, perteneciente a la Empresa Azucarera Melanio Hernández de la provincia de Sancti Spíritus se quemaron para cosechar por diferentes causas 897,4 ha, que representan 21537,6 t de CO₂ emitidas a la atmósfera, además se quemaron 168.8 ha después de cosecharse verde, las cuales significan 6.92 t de N₂O vertidos al medio ambiente que representan 2048.3 t de CO₂ con la consiguiente incidencia en la degradación de los suelos (Rodríguez *et al.*, 2010).

Cuando la caña se cosecha verde deja en el campo una lámina de residuos- al menos de 7 a 10 toneladas de biomasa por hectárea- que significa mayor retención de la humedad, importantes cantidades de nutrientes y materia orgánica, reducción de las pérdidas de suelo por la erosión y control efectivo de las malezas con cantidad mínima de herbicidas.

En Cuba se instauró desde hace años la cosecha verde de la caña, sin embargo, la quema precosecha de la caña aún se utiliza para resolver determinados problemas operacionales.

La quema de la caña de azúcar produce pérdidas de humedad en el suelo, lo que aumenta la compactación del suelo; si este se compacta, aumenta su densidad aparente hasta cierto nivel crítico (Vertisuelos y Oscuros Plásticos), no siendo esta igual para todos los suelos (Roldós, 1986).

El crecimiento de las raíces puede ser de un 50 % mayor en las cortadas verdes y de un 35% en las que se quema, afectando el crecimiento radical (Benítez *et al.*, 1999).

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) (Figura 3).

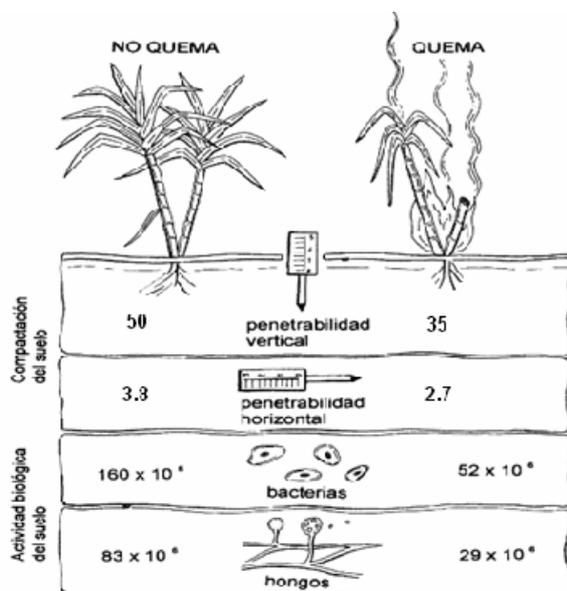


Figura 3. Esquema representativo de las afectaciones de la compactación sobre la actividad biológica del suelo.

1.7 Capital humano.

La Gestión de los Recursos Humanos (GRH) no es sólo lo que se conocía en la mayoría de las empresas cubanas como Dirección de Personal, varios conceptos

han surgido a raíz de este nuevo enfoque: La definición dada por Beer (1998) consiste en que la GRH implica todas las decisiones y acciones administrativas que afectan la naturaleza de las relaciones entre la organización y los empleados (sus RRHH).

Por otra parte los principales rasgos de la concepción moderna de la GRH son:

- La GRH no se hace desde ningún departamento, área o parcela de la organización, sino como función integral de la empresa.
- La GRH es proactiva, se anticipa a los problemas y dificultades que se prevén puedan surgir en el futuro y planifica las acciones precisas para evitarlos o minimizarlos.
- La GRH demanda concebirla con carácter técnico científico, poseyendo su base tecnológica en los análisis y diseños de puestos y áreas de trabajo (diseño continuo de los sistemas de trabajo) y en los diseños de los sistemas logísticos, comprendidos en la denominación de tecnología de las áreas.
- La dirección de RRHH pasa a formar parte del nivel directivo más alto con participación en el diseño de los planes estratégicos, políticas y objetivos de la empresa.
- El soporte informativo de la GRH es un imperativo para su desarrollo efectivo en la gestión empresarial.
- El desafío fundamental o número uno de la GRH es lograr eficacia y eficiencia en las organizaciones.

1.8 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 Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA) ha estado directamente vinculado a esta tarea.

Componentes claves de un SIG

Sistema de Computación: *Hardware y Software para* capturar, almacenar, procesamiento, análisis, visualizar y diseminar información.

Datos Geoespaciales (*gráficos y temáticos*): Mapas, fotografías aéreas, imágenes satelitarias, tablas estadísticas, etc.

Usuarios: Información pertinente, diseño de estándares, actualización, análisis e implementación.

1.9 Extensión agrícola.

1.9.1 Concepto.

Según la FAO (1987) la extensión es un proceso continuo para hacer llegar una información o tecnología útil a la productores (dimensión comunicativa) y para ayudarla a adquirir los conocimientos, técnicas y aptitudes necesarias para aprovechar eficazmente esa información o tecnología (dimensión educativa).

La extensión agrícola es el proceso mediante el cual los resultados de la ciencia y la técnica, son llevados a la práctica de forma continua mediante métodos educativos y persuasivos (dimensión educativa) con el objetivo de obtener mejores resultados productivos y por ende, mejorar el nivel de vida de los productores. Estas acciones se realizan sobre bases conservacionistas y sostenibles.

1.9.2 Funciones del sistema de Extensión Agrícola.

Según Zambrano *et al.* (2005) .Su función principal es dirigir integralmente el proceso de Extensión Agrícola a través de las estructuras del MINAZ y de los mecanismos internos del INICA, de las Comisiones Agrícolas de los Consejos Técnicos Asesores nacionales, provinciales y de empresas.

Producir cambios en los conocimientos, actitudes y destrezas de los productores y su familia, pues es eminentemente educativa.

Participar directamente con el productor, que es el protagonista directo en el proceso.

1.9.3 El sistema de extensión en el MINAZ.

El sistema de Extensión Agrícola, creado en el año 2000 y rectorado por el Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de azúcar, funciona de forma abierta, interactiva y dinámica.

En la Figura 4 se puede observar que las interacciones de los elementos internos son fuertes al igual que del sistema con las entidades del MINAZ y las dependencias del INICA, no siendo así con el resto de los elementos del entorno (Santana *et al.*, 2007).

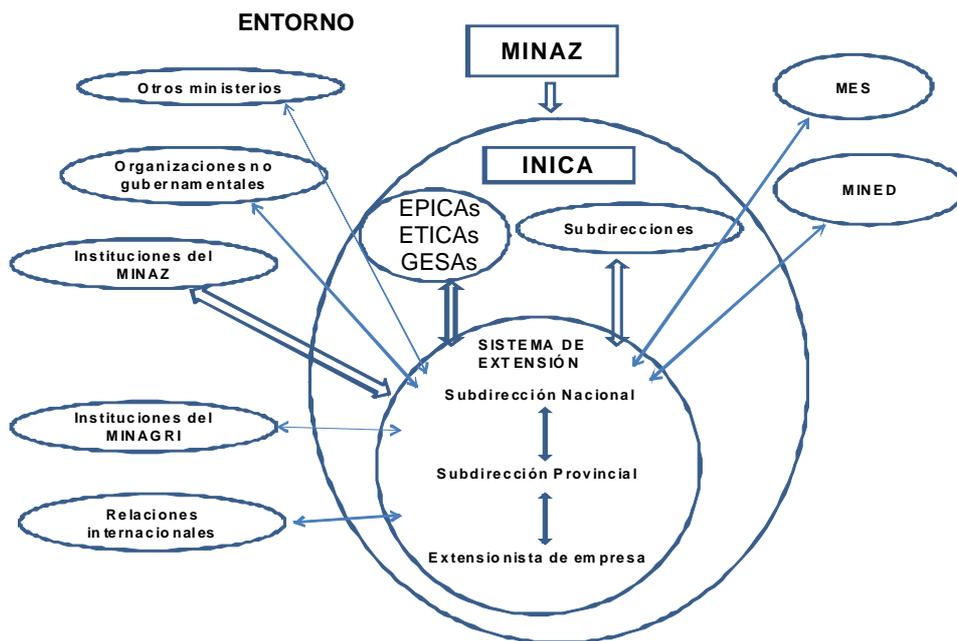


Figura 4. Esquema del sistema de Extensión Agrícola en el MINAZ y su entorno.

1.9.4 Escenario cañero actual de la Extensión Agrícola.

El escenario cañero actual donde se desarrolla la actividad de Extensión Agrícola se caracteriza por:

- Rendimientos agrícolas deprimidos por diferentes causas objetivas y subjetivas.
- Un sistema MINAZ inmerso en una reestructuración con el objetivo de ser más eficientes integralmente con menor dependencia de los recursos externos.
- Un Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar dispuesto a insertarse en la solución de los problemas técnicos que hoy presenta la agricultura cañera cubana.
- Una agricultura diversificada a raíz de su reestructuración.
- Una amplia demanda de conocimientos técnicos e integrales por parte de los productores.
- Una infraestructura del sistema MINAZ, incluyendo la del INICA, y las condiciones mínimas indispensables en el Servicio de Extensión Agrícola, adecuada para el desarrollo de la actividad (Fernández, 2005).

1.9.5 Etapas de la Adopción de nuevas tecnologías.

Según Zambrano *et al.* (2005) Una de las vías fundamentales para incrementar los rendimientos agrícolas y la rentabilidad de la gestión productiva cañera está en la introducción de nuevas tecnologías. El Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA), antes con un perfil fundamentalmente diseñado para la investigación, hoy se transforma en una institución que dedica parte importante de sus esfuerzos y recursos al trabajo de innovación, transferencia tecnológica y servicios técnicos directos a los productores.

La adopción de nuevas tecnologías transita por diferentes etapas, las cuales son inviolables: Ellas son:

- Información.
- Despertar del interés
- Análisis y evaluación previa.
- Ensayo y puesta en práctica.
- Adopción.

1.9.6 Las herramientas de la extensión agrícola.

- El Diagnóstico Participativo.
- Capacitación-taller
- Comunicación

1.9.7 Diagnóstico Participativo.

Según Zambrano *et al.* (2005) el Diagnóstico Participativo (DP) ha sido definido como una actividad sistemática, semiestructurada, realizada por un equipo multidisciplinario y enfocada a la obtención rápida de informaciones e hipótesis nuevas sobre los recursos y la vida de ámbitos rurales.

El DP surge en los años 80, como posible respuesta metodológica para abordar procesos de extensión rural y transferencia de tecnologías y se ha convertido en la práctica, en un método que permite abordar las diferentes fases del ciclo de un proyecto promoviendo y permitiendo la participación real de las comunidades locales en la formulación y ejecución de propuestas de desarrollo (Ramsay *et al.*, 1975).

Geilfus (1997) plantea que las herramientas más utilizadas en el DP son:

- Mapas (sociales, económicos, políticos).
- Matrices de jerarquización (problemas, conflictos, beneficios, usos, etc.)
- Diagramas (de Venn, flujos económicos, sociales, etc.)
- Gráficos históricos, líneas de tiempo, líneas de tendencia, etc.
- Entrevistas semiestructuradas, encuestas
- Observación participante.

El diagnóstico es el marco metodológico que nos permite detectar, estudiar y valorar los factores o limitantes técnico-productivas, organizativas y socio-económicas que limitan la producción de la unidad y su correspondencia con las posibles debilidades cognoscitivas de los productores cañeros en aras de planificar las acciones para su solución; teniendo en cuenta que esto debe ser el punto de partida de la actividad de Extensión Agrícola.

El diagnóstico hace hincapié en los principales procesos de la organización. Se hace una comparación de lo que es con lo que debería ser, proviene del descubrimiento de la brecha entre las condiciones reales y las deseadas.

Pasos del diagnóstico

- **Recolección de datos:** en esta etapa, el grupo procura recoger hechos, sistematizar la información disponible, extraer opiniones pertinentes al problema y a sus eventuales soluciones.
- **Interpretación:** Se trata de comparar la situación actual con la deseada, identificar los quiebres entre, lo que es, y lo que debería ser, de acuerdo a los datos recogidos. Esta interpretación constituye un diagnóstico de la situación problemática, desde la perspectiva de sus soluciones deseadas.
- **Acción:** esta es la etapa de planificación de los pasos que deberían seguirse para llevar una situación a una mejoría.
- **Evaluación.** Esta etapa consiste en la repetición del diagnóstico a fin de detectar los nuevos problemas, de diagnosticar la solución actual, interpretando cuales son ahora los quiebres y las diferencias entre lo deseado y lo logrado.

1.10 Factores edáficos limitantes en la agricultura cañera.

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. A ello se suma la necesidad de garantizar los requerimientos crecientes de alimentos para la población y rendimientos promedios de caña de azúcar superiores a 54 toneladas por hectárea. Resulta así indispensable el establecimiento de un sistema agrícola sostenible, capaz de equilibrar las exigencias de un mayor rendimiento, al tiempo que detiene o revierte los procesos de degradación de los suelos (Cuellar et al, 2003).

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. El conocimiento de la erosión es fundamental para la protección de los suelos dedicados a los cultivos (Fuentes *et al.*, 2004).

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), entre los que contamos con el Decreto 179 "Protección, Uso y Conservación de los Suelos y Contravenciones" (puesto en vigor el 23 de marzo de 1993), que en forma más específica regula algunos de los aspectos ya definidos en la Ley 33 y otros no contemplados en la misma (Ramis *et al.*, 1995).

Según Riverol (2007) las investigaciones realizadas en el país, reportan un total de 4 millones de hectáreas con afectación, cifra que tiende a aumentar si no se toman las medidas necesarias para su control. 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

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).

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 (6.9 millones de hectáreas) (Tabla 1).

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

Procesos degradantes	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.

1.10.1 Factores edáficos y fisiográficos

Según Cuellar *et al.* (2003) son los factores derivados de las características físico-químicas y estructurales del suelo. Esta 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, estructura, contenido de materia orgánica, pendiente, drenaje, pedregosidad, pedregones, rocosidad, gravillosidad, concrecionamiento, tipo e intensidad de erosión y compactación.

1.10.2 Factores edáficos limitantes de la producción agrícola.

Según Cuellar *et al.* (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, así como el empleo de prácticas inadecuadas de producción que también reducen el beneficio potencial del uso de los fertilizantes .

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). Hernández (1993) los agrupa en factores que resultan características edáficas naturales y factores que resultan de procesos de degradación del suelo por influencia antropogénica, por tal motivo para conocer su comportamiento en las áreas dedicadas a caña de azúcar se evaluaron los factores, profundidad efectiva, pendiente, drenaje, gravillosidad , compactación y erosión.

1.10.2.1 Profundidad efectiva.

Ya desde 1862, Álvaro Reynoso había señalado: «...las tierras condenadas siempre a poseer poco fondo, jamás pueden ser tan útiles...» (Cuellar *et al.*, 2003).

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 (Figura 5).

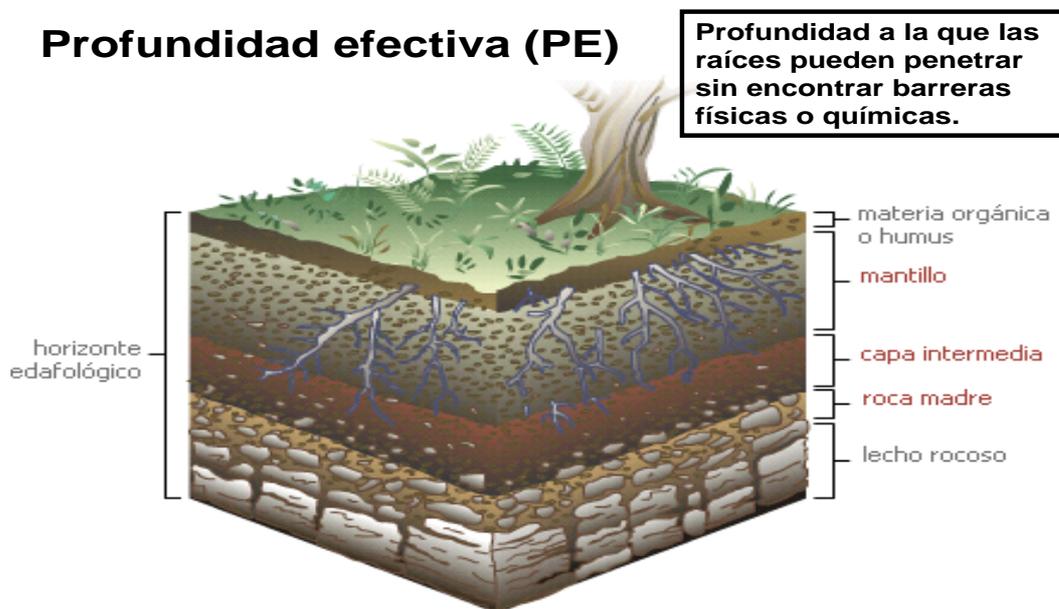


Figura 5. Esquema que representa la profundidad efectiva del suelo.

La profundidad efectiva tiene una importante influencia en la disponibilidad de nutrimentos para las plantas, sobre todo el fósforo y potasio, aún en suelos bien abastecidos.

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 hasta 70 %. A partir de los 60 cm, de profundidad, la relación con los rendimientos es mínima (De León, 2006).

1.10.2.2 Pendiente.

Según Cuellar *et al.* (2003) en la medida que esta es más pronunciada se limitan las labores mecanizadas, lo que afecta la productividad de las mismas y el beneficio económico, en tanto que el terreno queda más expuesto a la erosión, lo que conlleva a pérdidas progresivas de su fertilidad y capacidad productiva.

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

De acuerdo con la literatura existente, las pendientes donde no se presentan las posibilidades de erosión o son mínimas, se encuentran en el orden de 0.3 a 0.4 %. 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.

1.10.2.3 Compactación.

La compactación del suelo está condicionada por la naturaleza de la capa compactada, sea por acción mecánica, como los pisos de arado, o debidas al desarrollo de procesos edáficos en la que participa un agente cementante petrocálcico, petroférico o la arcilla. En la evaluación de este factor resulta útil conocer la profundidad a la que aparece, su naturaleza, continuidad y la estructura de la capa.

La compactación de un suelo está relacionada con la disminución de su porosidad y es una de las causas fundamentales de la caída de los rendimientos agrícolas.

Se puede diagnosticar por medio de la determinación del peso volumétrico del suelo o mediante equipos que miden la resistencia a la penetración como el penetrómetro de impacto. Mientras mayor es el valor del peso volumétrico más compactado estará el suelo.

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 esta húmedo (Santana *et al.*, 2007).

La susceptibilidad a compactarse varía en los diferentes suelos, así los arenosos son menos afectados por la compactación mecánica.

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) (Figura 6) .



Figura 6. Evidencia que muestra un suelo poco profundo combinado con la compactación.

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).

1.10.2.4 Drenaje.

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

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.

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 (Figura 7).



Figura 7. Esquema que representa la Hidromorfía del suelo debido al mal drenaje.

Otra causa de daño en el sistema radical y en la planta en general es al solubilización de elementos tóxicos como hierro, aluminio y manganeso debido a la caída del pH en suelos no carbonatados. La hidromorfía provoca la muerte de las raíces, impide su normal funcionamiento y reduce la mineralización de la materia orgánica de los suelos, además es la causa principal de pérdidas de nitrógeno a la atmósfera por volatilización en forma de N_2 . La absorción de potasio también se ve afectada en condiciones de hidromorfía por la disminución de la respiración (Cuellar, 2003).

2.1 Caracterización general de la UBPC Siguaney.

2.1.1 Ubicación y límites fisiográficos.

La Unidad Básica de Producción Cooperativa (UBPC) Siguaney, perteneciente a la empresa azucarera Melanio Hernández se encuentra ubicada en el poblado de Siguaney del municipio de Taguasco, limita al norte con la CPA Mártires de Bolivia, al sur con la Empresa Pecuaria Managuaco, al este con el poblado de Taguasco y al oeste con Zaza del Medio. Está conformada por tres lotes cañeros que abarcan 1120,3 ha dedicadas al cultivo de la caña de azúcar (Figura 8).

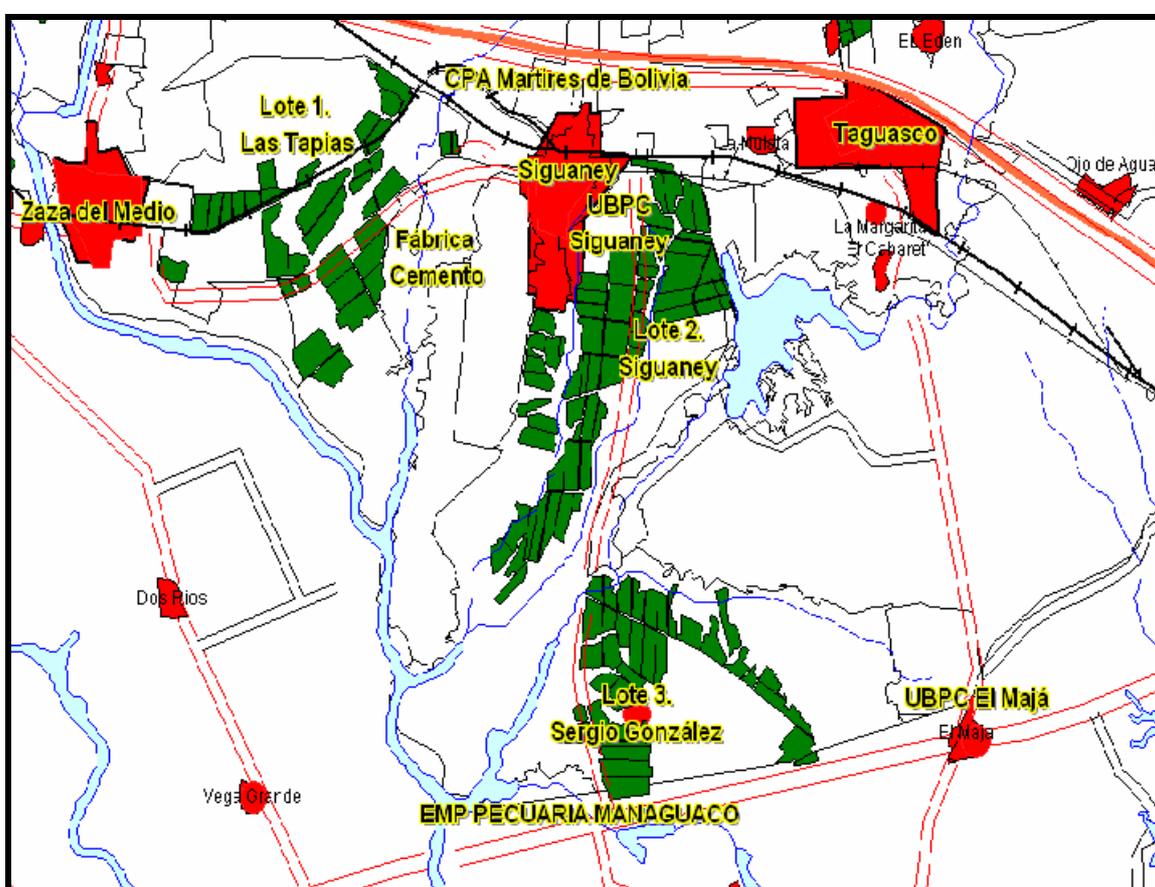


Figura 8. Distribución geoespacial de las áreas cañeras en los diferentes lotes que conforman la UBPC Siguaney, perteneciente a la empresa azucarera Melanio Hernández.

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 los 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.

2.1.5 Estructura organizativa

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

- 3 lotes cañeros con 28 bloque y 130 campos.
- Pelotón de cosecha mecanizada (2 KTP 2M)
- Brigada integral de producción de caña.
- 2 Brigadas de Herbicidas.
- Pelotón de preparación de tierras
- Pelotón de cultivo.
- Lote de producciones agropecuarias.
- Taller de maquinaria.

2.1.5 Distribución del área

La Tabla 2 muestra la distribución de las áreas agrícolas por conceptos de la UBPC Siguaney.

Tabla 2. Distribución de las áreas agrícolas en la UBPC Siguaney.

Concepto	Área (ha)
Área geográfica total	1595.7
Área agrícola total	1373.9
Área dedicada a caña	1120.3
De ella: Real con caña	834.2
Área vacía	204.0
Guardarrayas	82.1
Dedicada a producciones agropecuarias y forestales	253.6
De ella: Cultivos varios	73.0
Pecuario	133.7
Forestales	29.3
Frutales	17.6
Total no agrícola	221.8

Fuente: Oficina de control y uso de la tierra de la empresa Melanio Hdez.

2.1.6 Distribución de suelos

En la tabla 3 se muestran los agrupamientos de suelos que se encuentran en la unidad productora, donde es significativo que el 89,2 % del área dedicada a caña se distribuye en Vertisuelos y Sialitizados Cálcicos con un 45,5 y 43,7 % respectivamente, los cuales se caracterizan por presentar de forma general condiciones adecuadas para el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar.

Tabla 3. Agrupamientos de suelos pertenecientes a la UBPC Siguaney.

Agrupamiento de suelo	Área que ocupa (ha)	% que representa
Ferralitizados cuarcíticos	80.7	7.2
Sialitizados cálcicos	489.6	43.7
Vertisuelos	509.7	45.5
Gleizados Sialitizados plásticos	40.3	3.5
Total	1120.3	100

2.1.7 Precipitaciones

Zona semi-húmeda que se caracteriza por presentar dos periodos: uno seco y cálido de noviembre a abril, que alterna con otro lluvioso y caliente de mayo a octubre.

En la UBPC Siguaney la distribución promedio mensual de lluvias presenta 2 períodos bien diferenciados, uno menos lluvioso de noviembre a abril donde precipitan 160,9 (10,2 %) y otro que se extiende de mayo a octubre y donde acurren las mayores precipitaciones (1403,1 mm para el 89,7 %). Anualmente precipitan en la unidad como promedio 1564 mm, superior en un 117,1 % a la media nacional anual que según Peláez (2010) es de 1335 mm. (Figura 9).

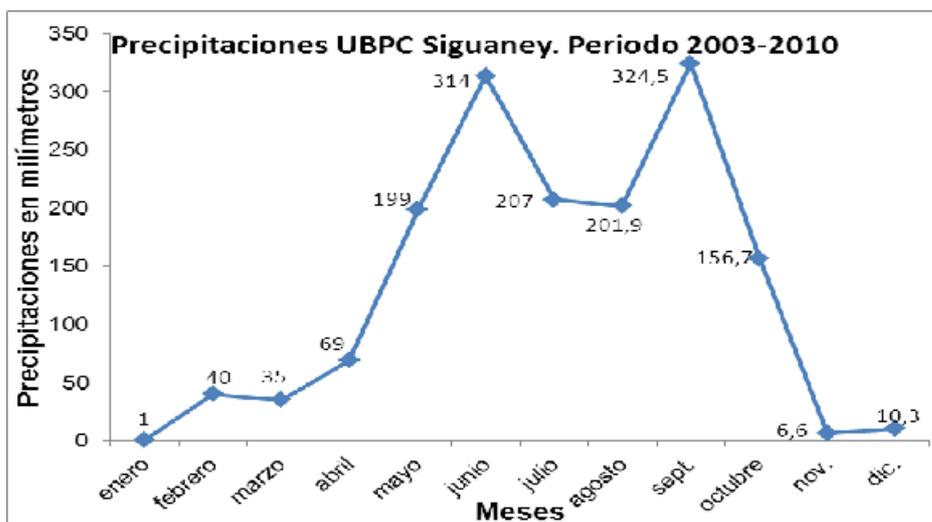


Figura 9. Distribución de las precipitaciones promedio por meses en los años 2003-2010 en la UBPC Siguaney.

La distribución de las precipitaciones en la unidad presenta una incidencia negativa, debido a las características de los suelos predominantes, en su mayoría arcillosos (motmorillonita 2:1), 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 relieve ondulado. En el periodo seco las arcillas se contraen provocando el agrietamiento y el incremento de la compactación.

2.1.9 Recursos humanos

La plantilla aprobada es de 105 trabajadores y la distribución de la fuerza de trabajo por categorías ocupacionales se muestra en la tabla 4, donde se destaca que cuentan con 64 obreros directos a la producción, que representa el 61 %. El salario promedio por trabajador es de \$ 548.4 y la composición por sexo muestra una distribución de 88 masculinos y 17 femenino.

Tabla 4. Distribución de la fuerza de trabajo en la UBPC Siguaney por categorías ocupacionales.

Concepto	Categoría	Cantidad
Indirectos	Directivos	7
	Técnicos	10
	Administrativos	8
	Servicios	16
Subtotal indirectos		41
Directos	Taller de maquinaria	10
	Producción de alimentos	16
	Lote 1. Las Tapias	10
	Lote 2. Siguaney	12
	Lote 3. Sergio González	10
	Otros	6
Subtotal directos		64
Total		105

La fuerza de trabajo es insuficiente para lograr el cumplimiento de las labores que necesita el cultivo, por lo que existe un déficit de 80 hombres.

2.1.9 Medios de producción.

Los medios de producción mecanizados y de tracción animal con que cuenta la unidad productora para atender el cultivo de la caña se encuentran distribuidos en 11 tractores de 1.4 toneladas , 1 alzadora, 1 tractor de alto despeje y 2 combinadas KTP 2M para la cosecha mecanizada, además disponen de 14 de implementos agrícolas, dentro de los que se encuentran 1 asperjadora, 1 fertilizadora F-350, 2 Surcadores C-101, 2 Cultivadores M-160 , 2 Gradas múltiples sencillas, 1 Diqueadora , 2 Arados de discos, 1 Grada 7000 libras y 1 Raque. Además, la unidad cuenta con 17 carretas, de ellas 8 para siembra de caña Cm-6, 3 para tiro de personal, 3 pipas de agua, 2 de cocina- comedor y 1 para tiro de abono. En relación con la tracción animal disponen de 8 yuntas de bueyes, 11 arados de vertedera, 5 gradas y 4 carretones con ruedas de gomas.

2.1.10 Variedades comerciales de caña de azúcar.

La unidad presenta un balance de variedades de caña que se sustenta fundamentalmente en cinco variedades, dentro de las que se destacan la C86-12 (24,2), SP71-1406 (22,0), C132-81 (21,0), B8025 (11,1) y C323-68 (8,0), que representan el 86,3 % del área plantada. Las variedades C86-12, SP71-1406 y C132-81 se encuentran por encima del 20.0 %, que es el valor máximo permitido por el Servicio de Variedades y Semillas (SERVAS) a representar por una variedad (Tabla 5).

Tabla 5. Balance de variedades de la UBPC Siguaney.

Variedad	Área que ocupa (ha)	% que representa
C86-12	205.7	24.2
SP71-1406	183.6	22.0

Variedad	Área que ocupa (ha)	% que representa
C132-81	176.7	21.0
B80250	97.3	11.1
C323-68	70.2	8.0
C137-81	10.1	1.0
C86-503	26.6	3.0
C86-456	6.5	0.7
C90-317	28.1	3.0
Co997	28.6	3.0
Total plantada	834.2	68.3

2.2.11 Rendimiento agrícola

El rendimiento histórico en la UBPC Siguaney muestra una disminución significativa a partir del año 90 del siglo pasado, periodo en que se llegaron a alcanzar hasta 78 t/ha; en el año 2000 se logró alcanzar un incremento al llegar a 44 t/ha año a partir del cual no se ha detenido el retroceso, el cual alcanzó su clímax en el año 2010 donde se obtuvo solamente 7,6 t/ha, resultados que la convierten en unidad crítica dentro del sistema del Ministerio del Azúcar (Figura 10).



Figura 10. Gráfico de tendencia que muestra la disminución significativa del rendimiento agrícola en la UBPC Siguaney en los últimos 20 años.

En las últimas 4 zafas la producción obtenida ha presentado un retroceso significativo aunque el área cosechada ha aumentado cada año, lo que evidencia que la perspectiva a aumentar la producción no existe, debiéndose establecer pautas para su recuperación. (Tabla 6).

Tabla 6. Producción cañera y rendimiento agrícola de las últimas cuatro campañas en la UBPC Siguaney.

Concepto/años	2006-2007	2007 2008	2008-2009	2009-2010
Producción obtenida (t)	26692.67	22912.18	23665.35	8571.5
Área cosechada (ha)	836.7	756.2	845.2	1127.8
Rendimiento real (t/ha)	31.9	30.3	28.0	7.6

2.1.12 Situación económica.

Desde el punto de vista económico y financiero la unidad presenta una situación crítica en los últimos cuatro años motivada por la baja producción de caña y la poca durabilidad de la cepa, presenta deudas con la empresa por lo que las cuentas por pagar se han incrementado, esto motiva que el Banco de Crédito y Comercio (BANDEC) no facilita créditos por la falta de respuesta productiva de la unidad.

Tabla 7. Situación económica de los cuatro últimos años.

Indicador	UM	2007	2008	2009	2010
Ventas	MP	1657.2	1446.1	1429.5	692.2
Costos	MP	1324.5	1187.7	1261.8	1378.4
Costo por peso	Peso	0.80	0.82	0.88	1.99
Ganancias	MP	17.4	18.8	10.1	(-705.3)
Fondo de salario	MP	1091.6	1126.7	1020.8	0.0
Total de trabajadores	Uno	186	141	133	105
Salario medio	Peso	489.69	518.76	527.13	548.43
Caña vendida	t	26692.67	22912.18	23665.35	8571.4

2.3 Procedimiento

2.2.1 Diagnostico

Para realizar el diagnóstico se utilizó la metodología del Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA, 2005) que constituye la herramienta más utilizada para determinar de forma participativa las principales limitantes técnico-productivas que afectan la producción cañera en las unidades productoras del MINAZ. Para su desarrollo se empleó el método de investigación participativa que consistió primeramente en realizar una caracterización general de la unidad y la utilización de herramientas, entre las que se encuentran entrevistas a los dirigentes, administrativos, técnicos y obreros pertenecientes a las diferentes áreas de la unidad productora, árbol de problemas, árbol de objetivos y plan de acción.

Los pasos que se realizaron en la elaboración del diagnósticos fueron los siguientes.

1. Conformación del equipo multidisciplinario.
2. Planificación del Diagnóstico.
3. Visita previa a la Unidad.
4. Detección de las limitantes técnico-productivas a través de:
 - ✓ Trabajo de grupo.
 - ✓ Visitas de comprobación a las áreas agrícolas.
 - ✓ Entrevistas a productores.
 - ✓ Visitas de asistencia técnica.
 - ✓ Estudios realizados por la investigación científica.
 - ✓ Revisión de documentos.
 - ✓ Otras variantes.
5. Estudio y conciliación preliminar por el equipo multidisciplinario de las insuficiencias detectadas.
6. Presentación a la Junta Directiva de la Unidad Productora de los resultados del diagnóstico.

7. Celebración del taller participativo con todos los integrantes de la Unidad Productora para la realización del plan de acción para la solución de las insuficiencias detectadas. Este consta de los siguientes aspectos:
 - ✓ Explicación por parte del extensionista que atiende la Unidad acerca de los objetivos del taller y de la importancia de que todos participen en la confección del plan de acción.
 - ✓ Presentación del equipo multidisciplinario que participó en el desarrollo del trabajo.
 - ✓ Exposición por parte del jefe de la Unidad de las insuficiencias detectadas y debate de las mismas para su organización y jerarquización.
 - ✓ Confección del plan de acción por insuficiencia y jerarquizadas.
8. Seguimiento sistemático al plan de acción.

2.2.2 Evaluación de factores edáficos limitantes de la producción agrícola

Se realizó mediante recorridos efectuados en las 129 Unidades Mínimas de Manejo Agrícola (UMMA) que conforman las 1120,3 ha de la unidad, evaluándose profundidad efectiva, pendiente, drenaje, y compactación; según las Normas Metodológicas, Estudios de Suelos y Manejo Integral de la Caña de Azúcar (INICA, 2003) (Anexo 1) y la información fue soportada en Sistema de Información Geográfica (SIG).

Capítulo III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

3.1 Resultados de las entrevistas.

Se efectuaron entrevistas a 62 trabajadores de la UBPC Siguaney, que representan el 60 % de los 105 que se encuentran en la plantilla oficial de la unidad productora, distribuidos en las diferentes direcciones funcionales, aunque predominan los miembros de los lotes cañeros, los cuales son los principales decisores en relación con la producción cañera. Estas entrevistas permitieron identificar la mayor cantidad de problemas y variantes posibles con el propósito de formarnos una imagen general de la realidad actual y se realizaron por un grupo multidisciplinario compuesto por 9 compañeros.

La colectivización de la información que se ha recabado ha permitido una mayor veracidad a partir del criterio de todos, con el fin de buscar el apoyo a la propuesta de plan de acción, por parte de los que de una forma u otra están involucrados en la producción de caña de azúcar.

En la figura 11 se muestran los resultados obtenidos en las entrevistas que aleatoriamente fueron realizadas para determinar a consideración de los 62 entrevistados cuales son los 3 aspectos que presentan mayor incidencia en los bajos rendimientos, mostrándose el resumen de cada pregunta en el anexo 2.



Figura 11. Resultados sobre la consideración de los entrevistados acerca de los bajos rendimientos en la UBPC Siguaney.

3.2 Incidencia de la quema de caña.

Al tener en cuenta el efecto negativo que posee la quema de caña en la contaminación del medio ambiente, la compactación, erosión del suelo y la presencia de malezas en el cultivo de caña de azúcar, realizamos un análisis que abarca las últimas tres campañas. Los valores de quema de caña, en el 2009 en la UBPC Siguaney fueron significativamente elevados, debido a que en la etapa noviembre-abril fue extremadamente seca, creándose condiciones favorables para la ocurrencia de incendios no planificados en varias de sus áreas, en total se quemó el 76.2% del área, que abarca 709,4 ha y emitieron 17025,6 t de CO₂ al ambiente.

En el 2010 al elaborarse un plan contra incendio que abarca la totalidad de las acciones posibles a realizar, unido a la toma de conciencia de trabajadores y familiares de los daños que ello provoca al medio ambiente y al cultivo de la caña disminuyeron las áreas quemadas a un 62.1%, cifra que aun continua elevada, que comprenden 578.2 ha y emitieron 13876.8 t de CO₂ al ambiente.

En la zafra 2011 los valores continuaron elevados, aunque se disminuyó a un 45.8%, que alcanzan 427.1 ha y emitieron 10250.4 t de CO₂ al ambiente. De forma general no existen en la unidad productora las condiciones para eliminar esta insuficiencia que por años ha provocado el deterioro del medio ambiente de forma general (Tabla 8).

Tabla 8. Comparación de áreas quemadas en la UBPC Siguaney por lote cañero, en los años 2009, 2010 y 2011 y su efecto en el medio ambiente.

Lote cañero	Zafra 2009		Zafra 2010		Zafra 2011	
	Quemada (ha)	CO ₂ emitido (t)	Quemada (ha)	CO ₂ emitido (t)	Quemada (ha)	CO ₂ emitido (t)
Las Tapias	226,8	5443,2	197,2	4732,8	115,2	2764,8
Siguaney	321,9	7725,6	243,6	5846,4	243,7	5848,8
Sergio Glez	160,7	3856,8	137,4	3297,6	68,2	1636,8
UBPC	709,4	17025,6	578,2	13876,8	427,1	10250,4

En la figura 12 se evidencia la distribución geo-espacial de las áreas cañeras quemadas en la UBPC Siguaney en los años 2009, 2010 y 2011, donde se muestra en color azul las áreas no evaluadas, en color verde las áreas no quemadas y en color amarillo las áreas que fueron quemadas sin determinar las causas.

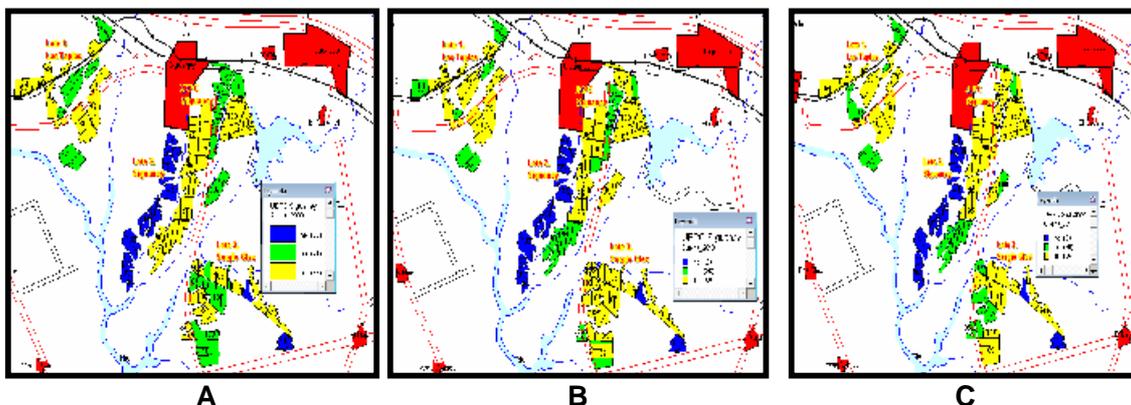


Figura 12 Distribución geo-espacial de las áreas cañeras quemadas en la UBPC Siguaney. **A.** Área afectada en el 2009. **B.** Área afectada en el 2010. **C.** Área afectada en el 2011.

Conclusiones parciales

1. Las principales limitantes técnico-productivas que afectan la producción cañera en la UBPC Siguaney son enyerbamiento sostenido en el surco de caña, quema para efectuar la cosecha y preparación del suelo y el bajo porcentaje de población en la siembra de caña.
2. Las labores de preparación de tierras no se efectúan con la frecuencia adecuada que permita dejar un margen de tiempo que propicie el mejoramiento de la estructura del suelo y la actividad de los microorganismos.

3.3 Evaluación de factores edáficos limitantes de la producción cañera.

La evaluación de los factores edáficos limitantes realizada con la utilización de la metodología INICA (2003) (Anexo 3) muestra que las áreas destinadas a la producción cañera en la UBPC Siguaney (1120.3 ha) se encuentran afectadas en mayor medida por la profundidad efectiva, pendiente del terreno, drenaje y la compactación del suelo, lo cual coincide en gran medida por lo expuesto por Cuellar et al. (2002) los cuales expusieron que los factores edáficos que más afectan el cultivo de la caña de azúcar en Cuba son profundidad efectiva, compactación, drenaje y la erosión (Anexo 4).

3.2.1 Profundidad efectiva

Al analizar los resultados obtenidos en la evaluación de la profundidad efectiva se obtuvo que el 0.3 % (2.2 ha) se encuentran en la categoría «Muy poco profundo» (< 20 cm.) y el 58.1 % (541,6 ha) en la categoría «Poco profundo» (20-40 cm.). En estas áreas se produce una pérdida anual de 2 a 3 mm de suelo y se corresponde con lo reportado por Hernández *et al.* (2003) sobre pérdidas anuales de 0.5 a 3 mm de suelo en áreas del central Motzorongo, Venezuela como consecuencia del proceso erosivo, aunque este factor se debe analizar teniendo en cuenta la compactación, debido a que está en ocasiones determina el espacio a que las raíces pueden penetrar en busca de los nutrientes en el suelo (Tabla 9).

Tabla 9. Porcentaje del área evaluada distribuida en las diferentes categorías de profundidad efectiva en la UBPC Siguaney.

Categoría	Rango (cm)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Muy profundo (1)	> 100	0	0
Profundo (2)	60-100	0	0
Medianamente profundo (3)	40-60	387,4	41,6
Poco profundo (4)	20-40	541,6	58,1
Muy poco profundo (1)	< 20	2,2	0,3
Total		931,2	100

Ponce de León y Balmaceda (1998) encontraron relación entre profundidad efectiva y rendimiento, por lo que señalan un descenso brusco de este cuando la profundidad es inferior a los 20 cm de profundidad.

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. Si la profundidad efectiva disminuye se requiere aplicar N, P, K para incrementar el rendimiento (Pineda, 2002).

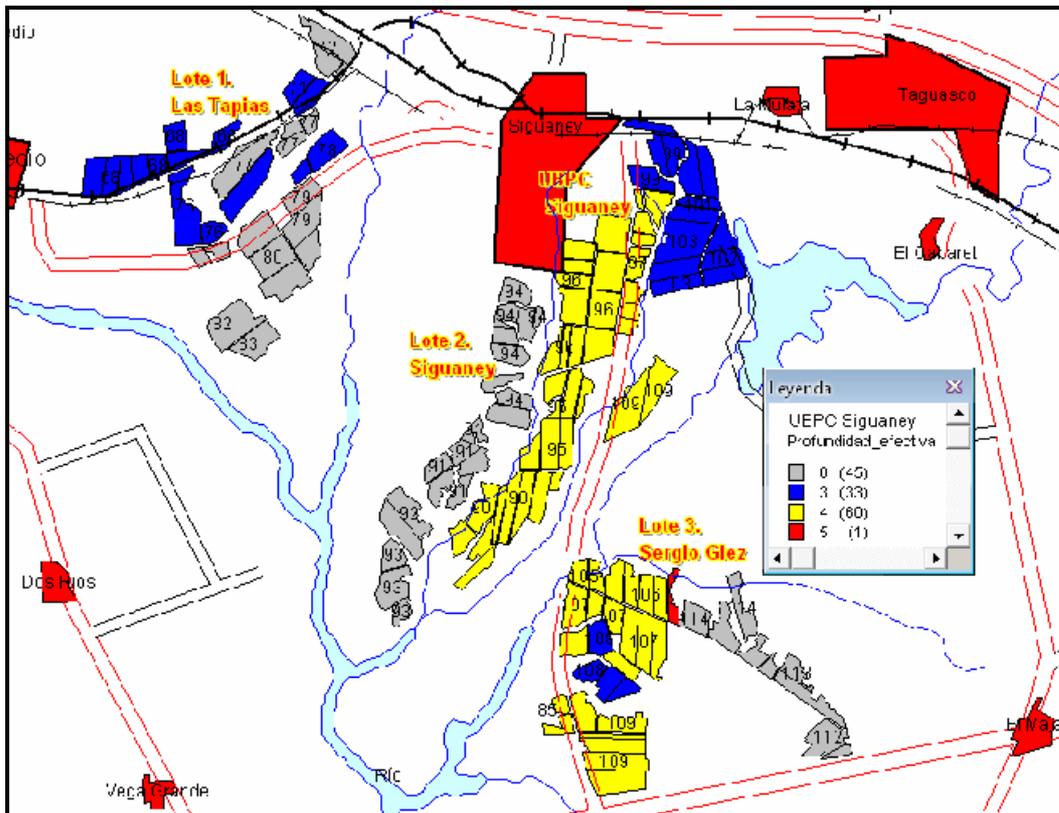


Figura 13. Distribución geo-espacial de las diferentes categorías de profundidad efectiva en la UBPC Siguaney.

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 %.

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. Cuando es más pronunciada, el terreno queda más expuesto a la erosión, lo que conlleva a pérdidas progresivas de su fertilidad y capacidad productiva.

La evaluación de la pendiente del terreno permitió determinar que existen 419.5 ha en la categoría plano o casi plano que representa el 45.1 % y 511,7 ha en la

categoría ondulado que representan el 54.9 % del área, significar que dentro de la categoría ondulado los valores de pendiente se encuentran entre 2-4% por lo cual las afectaciones por escorrentías no provocan daños significativos.

Tabla 10. Porcentaje del área evaluada distribuida en las diferentes categorías de pendiente en la UBPC Siguaney.

Categoría	Rangos (cm)	Área (ha)	Porcentaje (%)
Plano o casi plano	< 2	419,5	45,1
Ondulado	2-8	511,7	54,9
Fuertemente ondulado	8-16	0	0
Colinoso	16-30	0	0
Escarpado	> 30	0	0
Total		931,2	100

El mapa temático de pendiente del terreno que se muestra en la figura 14, evidencia la distribución por campo de caña de las diferentes categorías de pendiente.

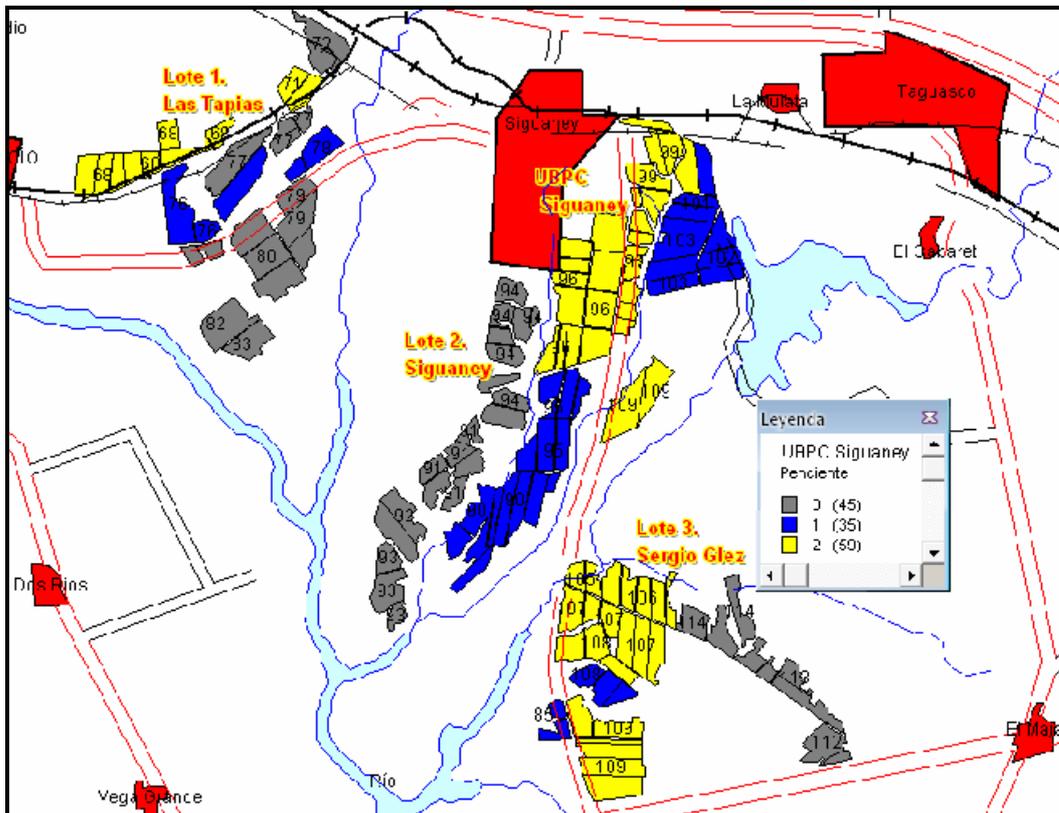


Figura 14. Distribución geo-espacial por campo de caña de las diferentes categorías de pendiente del terreno en la UBPC Siguaney.

El área total sembrada a favor de la máxima pendiente del terreno, en febrero de 2011 en unidad, representa el 3,7 % del área (34,7 ha) con posibilidades de ocurrencia de arrastres por escorrentía al constituir el surco de caña efectuado a 25 cm de profundidad un factor que la favorece, además se debe tener en cuenta que son áreas de secano donde la siembra se efectúa una vez que comienza el periodo de ocurrencia de las mayores precipitaciones.

3.2.3 Drenaje

En la unidad existen 23,4 ha que significan el 2,5 % del área evaluada, 110,1 ha en la categoría de moderadamente bien drenado que representan el 11,8 % del área evaluada, 320,4 ha imperfectamente drenado que representan el 34,4 % y pobremente drenado 477,3 ha que representan el 51,2 % (Tabla 11).

Tabla 11. Porcentaje del área evaluada distribuida en las diferentes categorías de drenaje en la UBPC Siguaney.

Categoría	Área (ha)	Porcentaje (%)
Excesivamente drenado	0	0
Algo excesivamente drenado	0	0
Bien drenado	23,4	2,5
Moderadamente bien drenado	110,1	11,8
Imperfectamente drenados	320,4	34,4
Pobremente drenados	477,3	51,2
Muy pobremente drenados	0	0
Total	931,2	100

En esta unidad el 85,6 % del área se encuentran en las categorías imperfectamente drenados y pobremente drenados por lo que hay presencia de hidromorfía la cual incide directamente en la disminución de los rendimientos agrícolas, provoca la muerte de las raíces, impide su normal funcionamiento y reduce la mineralización de la materia orgánica de los suelos, además es la causa principal de pérdidas de nitrógeno a la atmósfera por volatilización en forma de N₂. La absorción de potasio también se afecta en condiciones de hidromorfía por la disminución de la respiración.

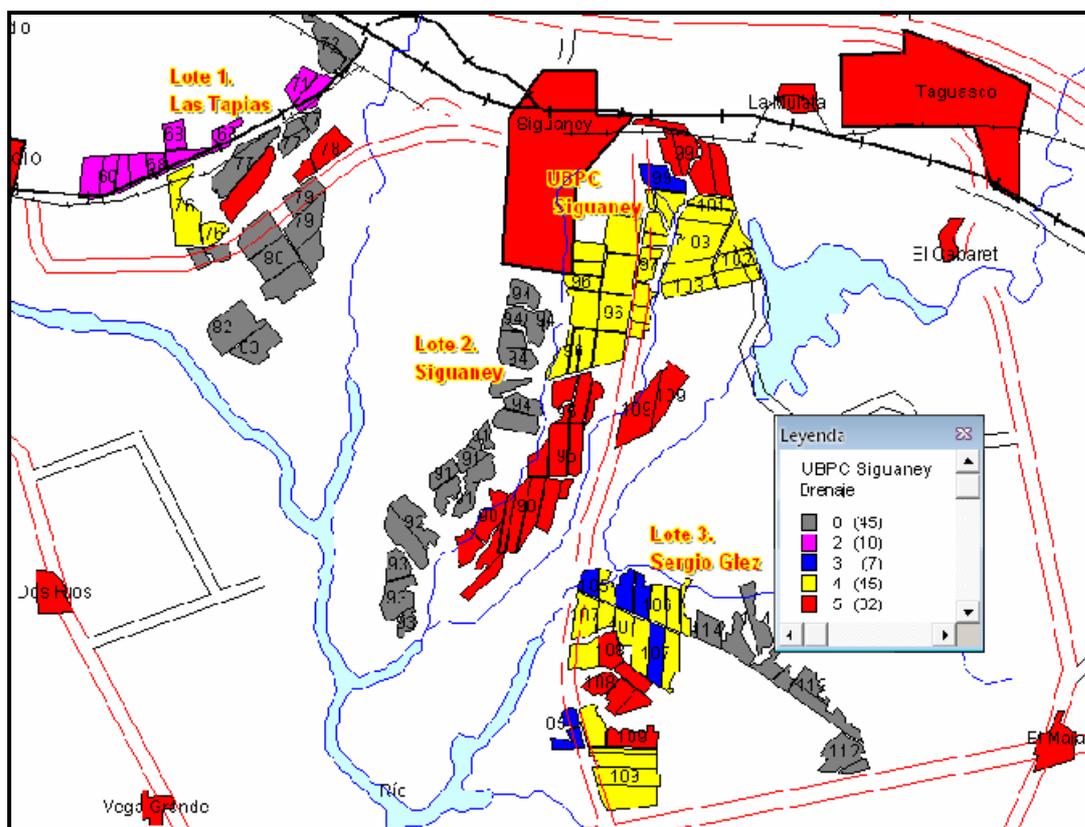


Figura 15. Distribución geo-espacial de las diferentes categorías de drenaje en la UBPC Siguaney.

3.2.4 Compactación del suelo

La UBPC Siguaney 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.

Su evaluación a través de la determinación de la resistencia a la penetración de las raíces para lo cual se utilizó el penetrómetro de impacto y la metodología de García y Sánchez, 2009.

Los valores registrados muestran cifras extremadamente altas que van desde la categoría de ligeramente compacto con 53.4ha que representa el 5.7%, compacto con 300.1 ha que representa el 32.2% y muy compacto con un total de 577.7 ha que representan el 62.1 % del área de caña evaluada (Tabla 12).

Tabla 12. Porcentaje del área evaluada distribuida en las diferentes categorías de compactación del suelo en la UBPC Siguaney.

Categoría	Área (ha)	Porcentaje (%)
No coherente	0	0
Suave	0	0
Ligeramente compacto	53,4	5,7
Compacto	570,7	61,2
Muy compacto	300,1	32,2
Extremadamente compacto	7.0	0.9
Total	931.2	100

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, además se reduce la velocidad de infiltración y se dificulta el desarrollo del sistema radical e incide directamente en el rendimiento agrícola de la caña de azúcar Cuellar et al., 2003),

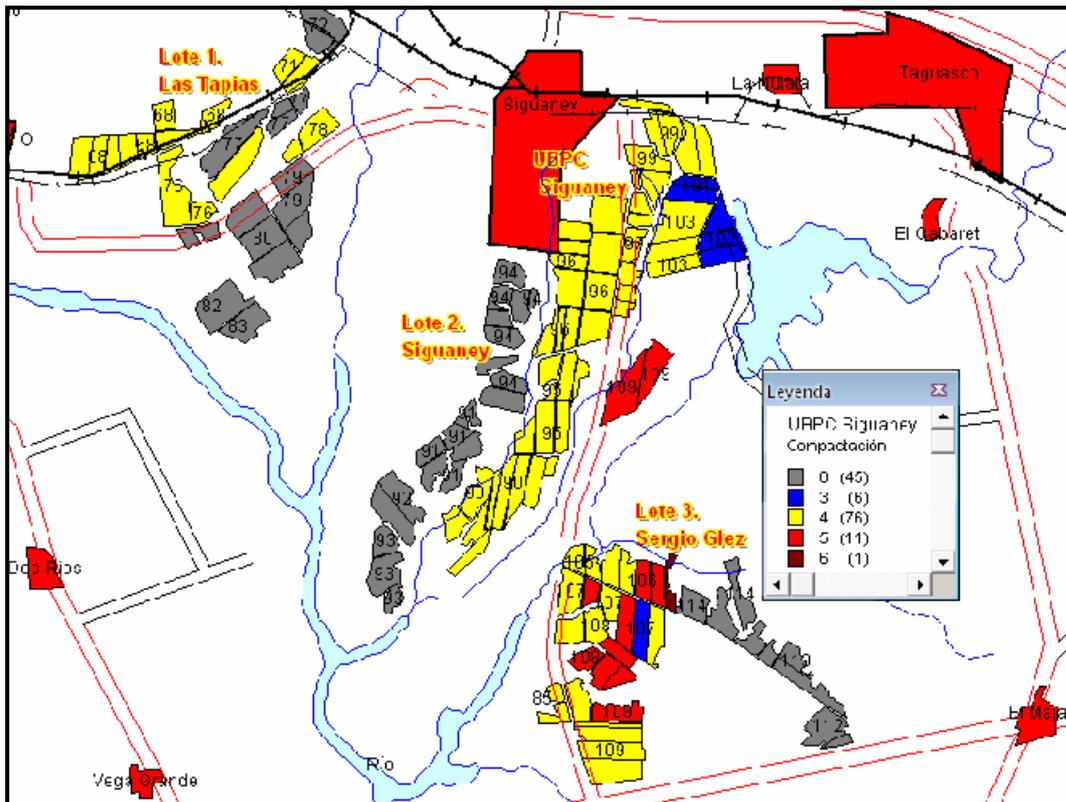


Figura 16. Distribución geo-espacial de las diferentes categorías de compactación en la UBPC Siguaney.

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

La determinación de la resistencia a la penetración realizada con el penetrómetro de impacto permite diagnosticar a la profundidad en que se encuentra la capa compactada y recomendar la tecnología adecuada (cultivo tradicional (10 -20 cm), cultivo profundo (más de 20 cm.)) lo que permite aumentar la velocidad de infiltración y elevar la capacidad de retención de humedad.

Conclusiones parciales

1. Los principales factores edáficos limitantes que afectan la producción de caña de azúcar en la UBPC Siguaney son:

- ❖ Drenaje e hidromorfía que abarcan el 97.5% del área de la unidad.

- ❖ Compactación que se presenta en el 94.3% del área.
- ❖ La profundidad efectiva afecta 58.4 % del área con afectación al rendimiento agrícola.

3.3 Elaboración del árbol de problemas.

La información recogida, analizada y procesada permitió elaborar el árbol de problemas, que caracteriza a la UBPC Siguaney (Figura 17)

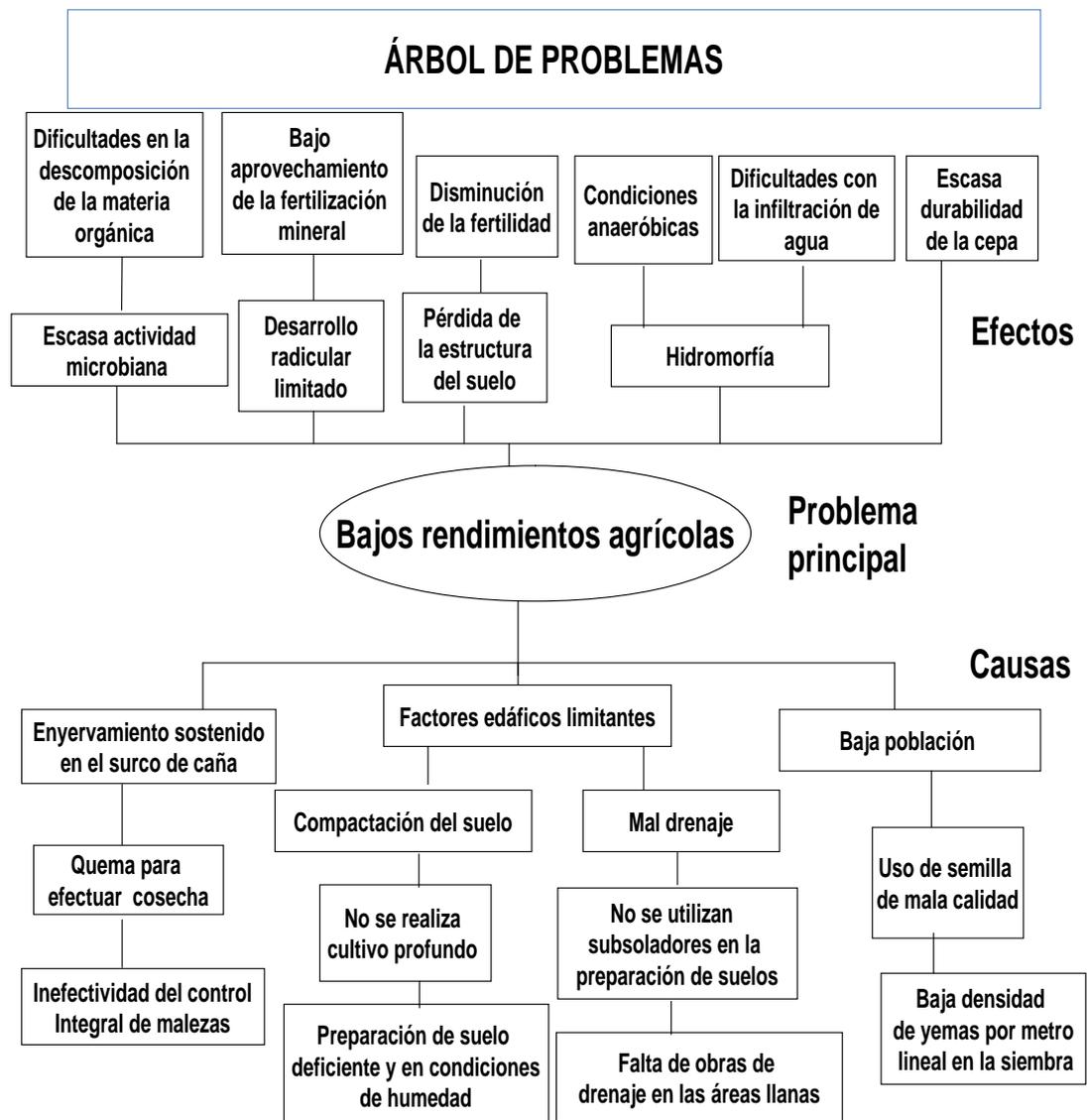


Figura 17. Árbol de problemas identificado en la UBPC Siguaney

Una vez analizado el árbol de problemas se confeccionó el árbol de objetivos que permitirá en el corto, mediano y largo plazo dar solución a la problemática detectada en la UBPC Siguaney (Figura 18)

3.3.1 Elaboración del árbol de objetivos.

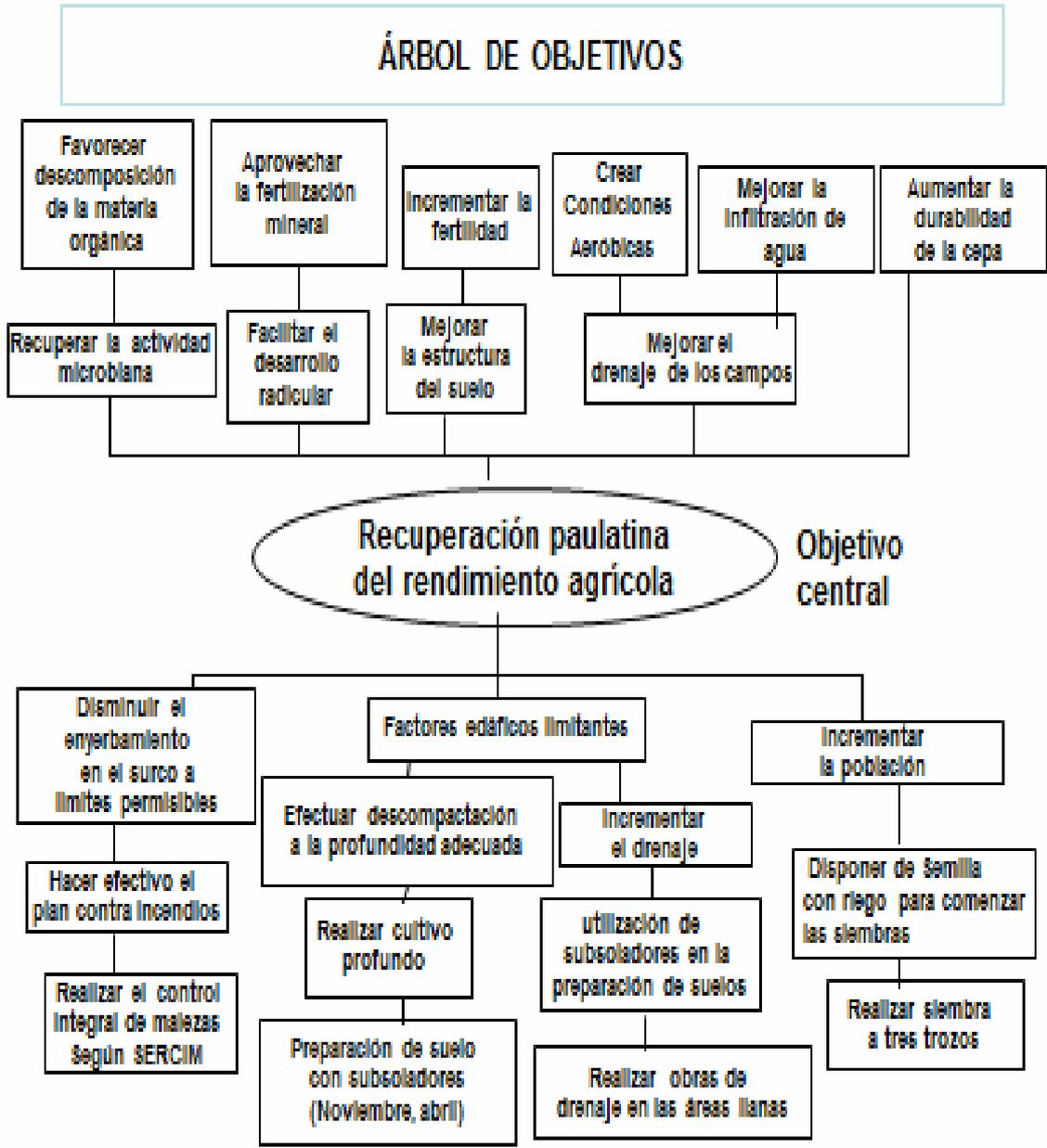


Figura 18. Árbol de objetivos para la solución de la problemática detectada en la UBPC Siguaney.

3.3.2 Plan de acción.

En la tabla 12 se muestra el plan de acción elaborado a partir de las demandas detectadas por el diagnóstico y evaluación técnica de factores limitantes y que responde a los problemas fundamentales.

Tabla 12. Plan de acción que da respuesta a los problemas fundamentales identificados por los trabajadores.

Limitante 1. Excesiva compactación de suelo.			
No.	Acciones	Fecha de cumplimiento	Responsable
1	Preparación de suelos en el momento adecuado y con el implemento apropiado.	Nov-Abr.	J' Producción
2	Realizar la labor de cultivo profundo a la caña después de la cosecha.	Ene-May.	J' Producción y maquinaria
3	Incluir en el plan de negocios de la Unidad, la adquisición de implemento y equipo de mediana potencia para subsolar.	Junio.	Administrador y Económico
4	Impartir seminario sobre preparación de suelo	Nov.	Extensión de la Empresa
5	Efectuar día de campo sobre preparación de tierras al inicio de la campaña.	Nov.	Extensión y J' Producción
6	Realizar las labores con humedad en el suelo adecuada.	May-Sept.	J' Producción
Limitante 2. Enyerbamiento sostenido en el surco de caña			
No.	Medidas	Fecha de cumplimiento	Responsable
1	Montaje de parcela demostrativa sobre la aplicación de Merlín.	Enero.	J' Producción.
2	Efectuar capacitación teórica y práctica al inicio de la campaña de limpia integral.	Enero.	Administrador y Extensión.
3	Participación del técnico integral en las diferentes acciones de capacitación y extensión agrícola desarrolladas por el SERCIM.	Diciembre.	J' Producción.
4	Vincular los ingresos del técnico integral y J de áreas a la calidad y combinación de labores según recomienda el SERCIM.	Ene-Oct.	Recursos Humanos.
5	Incrementar fuerza destinada a la limpia manual en el narigón del surco.	Ene-Sept.	Admón. UBPC.

6	Aplicar sistema de pago por vinculación del hombre al área.	Enero.	Recursos Humanos y Economía.
Limitante 3. Bajo % de población en los campos			
No.	Acciones	Fecha de cumplimiento	Responsable
1	Realizar el surque a la profundidad requerida (30 cm.)	Mar –Abr.	J' Producción.
2	Utilizar semilla con la calidad requerida para la siembra.	Mayo.	J' Producción.
3	Exigir la máxima calidad en la siembra de caña, lograr de 22-25 yemas por metro lineal y con la humedad óptima.	May-sept.	Admón. y J' Producción.
4	Certificar el estado técnico de los sistemas de corte de las combinadas.	Diciembre.	J' Maquinaria.
5	Aplicar sistemas de pago relacionados con la calidad de la cosecha	Enero.	Recursos Humanos.
Limitante 4. Excesiva quema de caña.			
No.	Acciones	Fecha de cumplimiento	Responsable
1	Realizar un plan por lote de limpia integral con vista a eliminar las malezas predominantes (pitilla y pica pica).	Ene-Nov.	J' Producción y J de lote.
2	Realizar el plan contra incendio por lote cañero.	Ene-May.	Admón. Y J de protección
3	Crear brigadas contra incendio con sus medios por lote.	Ene-May.	Admón. Y J de protección
4	Realizar sistema de pago en la cosecha para cortar verde la caña.	Ene-May.	Recursos Humanos.
Limitante 5. Mal drenaje e Hidromorfía.			
No.	Medidas	Fecha de cumplimiento	Responsable
1	Realizar nivelación del terreno siempre que lo permita antes de la siembra.	Marzo –Mayo.	J' Producción y J Maquinaria.
2	Realizar drenaje en el interior del campo.	Mayo-Oct.	J de lote.
3	Construir drenajes para el desagüe de los campos.	Mayo-Oct.	J de lote.
4	Realizar cultivos y preparación de suelo profunda para eliminar la compactación.	Enero-Marzo.	J' Producción y J Maquinaria.
5	Realizar segunda aplicación de	Mayo–Junio.	J' Producción y

	fertilizante nitrogenado donde exista hidromorfía.		Técnico Integral
6	Siembra de variedades que se adapten al mal drenaje.	May-sept.	J' Producción y Técnico Integral

Conclusiones parciales

1. No se aplican las diferentes herramientas de la extensión agrícola que faciliten elevar la capacitación y el conocimiento de los trabajadores.
2. Se elaboró un plan de acción en la UBPC Siguaney que permite la planificación de una estrategia para dar respuesta a la problemática detectada en el diagnóstico.

4. CONCLUSIONES GENERALES.

1. Las principales limitantes técnico-productivas que afectan la producción agrícola en la UBPC Siguaney son en orden de prioridad el enyerbamiento sostenido en el surco de caña, la excesiva quema para efectuar la cosecha y la preparación de suelos y el bajo porcentaje de población.
2. Existen factores edáficos limitantes que afectan la producción de caña en la unidad productora como son la compactación, el mal drenaje, hidromorfía y la profundidad efectiva.
3. Se elaboró un plan de acción en la UBPC Siguaney que permite la planificación de una estrategia para dar respuesta a la problemática detectada en el diagnóstico.

5. RECOMENDACIONES

1. Analizar trimestralmente en la asamblea general de los trabajadores la ejecución del plan de acción.
2. Efectuar por parte de la empresa y la EPICA el control y seguimiento al cumplimiento del plan de acción elaborado.

6. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA.

1. Acosta, P.: Medio milenio de las variedades de la caña en Cuba. Revista Cañaveral Vol 2 (4): 26-30, 1996.
2. Agenda 21, Agenda 21 Cubana.: Estrategia Nacional Ambiental en Cuba. 2004.
3. Balmaseda C, Ponce de León D.: Evaluación de Tierras con Fines Agrícolas. Editorial Científico-Técnica, La Habana, 2009.
4. Beer, M. (1998): "La transformación de la función de los RR.HH: Eliminar la tensión entre un papel administrativo tradicional y un nuevo perfil estratégico", en El futuro de la dirección de recursos humanos de Dave Ulrich et al., Barcelona, Ed. Gestión 2000.
5. Benítez, L.: Recomendación de Tecnologías de Preparación y Manejo de Suelos a una UBPC Cañera mediante un SIG. Tesis de Maestría. UNAH. 1999.
6. Bosque, Joaquín.: Introducción a los Sistemas de Información Geográfica. Editorial Madrid. 1992.
7. Cabeda, M.S.V. 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.
8. 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.
9. Couso P.: La erosión de los suelos. En Compendio de suelos. Ciudad de la Habana, 1987.
10. 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.
11. 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.
12. De León, M. E.: Temas sobre Nutrición y Fertilización de la Caña de Azúcar. Curso para Profesionales y Técnicos del Ingenio E cudos, La Troncal, Ecuador, 43 p, 2006.

13. 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.
14. FAO. 1987. La Extensión Agrícola. Manual de Consulta. p.5.
15. 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.
16. Fernández, J.: El diagnóstico participativo como base. Instituto de Investigaciones Hortícolas "Liliana Dimitrova" Revista Agricultura Orgánica. Nro 1. pp 21-22, 2005.
17. 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.
18. Fuentes A, Castellano N, Couso P, Cárdenas A, Pérez J.: Indicaciones prácticas de conservación de suelos para los agricultores. Ed. Agrinfor, La Habana, 2004.
19. García, Inoel; Sánchez Maritza.: Procedimiento de campo para evaluar la compactación de suelos. Instituto Nacional de Investigaciones de la Caña de Azúcar, 2009.
20. Geilfus, Frans. 80 Herramientas para el desarrollo participativo. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ). 1997.
21. 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.
22. Instituto de Suelos. (2001). Programa nacional de mejoramiento y conservación de suelos. Ministerio de la Agricultura. Editorial Agoinfor, La Habana, pp. 93.
23. Instituto de Suelos.: Curso Uso Sostenible de los Suelos en Cuba. Parte 1. Universidad para Todos. Editorial Academia, 2010.

24. 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.
25. Karlen, D, Mausbach, M, Doran, J, Cline, R, Harris, R y Schuman, G. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Science Society of America J. 61: 4-10. 1997.
26. Lowry, F.E., Taylor, H.M., y 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; G. Gálvez; R. De Armas; R. Espinosa; R. Vigoa y A. León.: La caña de azúcar en Cuba. 612pp, 1987.
27. MINAZ.: Manual Práctico de administración para las UBPC cañeras. 99 pp, 1995
28. Moreno, M.: El Ingenio. Comisión Nacional Cubana de la UNESCO. La Habana Tomo I pp: 5, 1964.
29. Nova, A.: La Agricultura cubana: Evolución y Trayectoria. FLACSO-IRECUS. La Habana, 2000.
30. Peláez O.: La Sequía Puede Agravarse. Periódico Granma. 16 de Abril, pp. 16, 2010.
31. Pérez, Nilda.: Manejo Agro ecológico de Plagas. Diseño y manejo de sistema agrícola sostenible. CLADES – ISCAH: 20-35p. 1996.
32. Pérez, Nilda.; C. Torres.: Las UBPC: hacia un nuevo proyecto de participación. UBPC: Desarrollo rural y participativo. Universidad de la Habana. 239 pp, 1999.
33. Ponce de León, D. y C. Balmaseda.: Elementos básicos sobre suelos y uso de fertilizantes 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.
34. Ramis, E; Herrera, M; Rosario, J.: Inventario de Suelos Alterados por diferentes Conceptos. (Material Mecanografiado). La Habana, Cuba. 20 p. 1995.

35. Reyes, A. 2007. 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.
36. Rodríguez, I; Pérez, H; Cruz, O.: Recomendación de Prácticas de Manejo para Evitar la Degradación de los Suelos Cañeros en la UBPC Tuinucú. Congreso 45 Aniversario del Instituto de Suelos y VII Congreso de la Sociedad Cubana de la Ciencia del Suelo. Memoria del evento. Ciudad Habana. 2010.
37. Ramsay, Jorge. H Frias y Luis R Bertrán. Extensión Agraria, dinámica del Desarrollo Rural. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. San José. 1975.
38. Reynoso, A.: Ensayo sobre el Cultivo de la Caña de Azúcar en Cuba. Ed. Nacional de Cuba, 1862.
39. Riverol, M.: Tecnología Integral para el Manejo de Suelos Erosionados. Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura. 39 p. 2007.
40. 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.
41. Salgado I, Bucio D, Riestra D, Lagunes-Espinosa LC.: Caña de azúcar: hacia un manejo sustentable. Villahermosa, Tabasco. 394p, 2001.
42. Sánchez de Puerta, Fernando. Extensión Agraria y Desarrollo Rural. Ministerio de Agricultura y Pesca. Madrid. p.73-80, 2004.
43. Sánchez, L.: Metodología para la Promoción de la Agricultura Sostenible. PIDAASSA. La Habana, 2008.
44. Sánchez, M. E; Velarde, E; Sulroca, F. y De León, M. E.: Instructivo Técnico para la Producción y Cultivo de la Caña de Azúcar. PUBLINICA. pp. 148, 2007.
45. Santana, I; Santos Ferrer, J.C; Guillén, S; Sánchez, M; Velarde, E; Jorge, H; Sulroca, F; De León, M; Benítez Ledya; 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

46. Servicio de Recomendaciones de Variedades y Semillas (SERVAS).: 1998. Manual de procedimientos. Caracterización de variedades de caña de azúcar. Capítulo 3. 1998.
47. Shishov, L.: Condiciones Edafológicas de Cuba para el Cultivo de la Caña de Azúcar. Tesis de Ph. D. Universidad de Amistad de los Pueblos Patricio Lumumba, Moscú, 1975.
48. Socorro, A. R; Padrón, R; Pretel, R. y Parets, E.: Modelo Alternativo para la Racionalidad Agrícola. Edición Especial para la Universalización de la Educación Superior. Cienfuegos, 320 p, 2004.
49. Snyder, C. S; Bruulsema, T. W. y Jensen, T. L.: Mejores Prácticas de Manejo para Minimizar Emisiones de Gases de Efecto Invernadero Asociadas con el Uso de Fertilizantes. Informaciones Agronómicas. IPNI. No 70. Quito. Ecuador, pp. 5-9, 2008.
50. Sulroca, F.: Factores Limitantes de los Suelos para el Cultivo de la Caña de Azúcar. Informe Ministerio del Azúcar de Cuba, 1980.
51. 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.
52. Sulroca, F.: Las Cooperativas Cañeras en el período 1993 – 1999. Departamento de atención a los productores cañeros. MINAZ, 1999.
53. Sulroca, F.: Las UBPC en la Agricultura Cañera. Departamento de atención a los productores cañeros MINAZ, 2000.
54. Zambrano, Yumarys, Pérez, M.; Quintero, R.; Méndez, F.; Sao, E.: Procedimientos Metodológicos de Extensión Agrícola para la Caña de Azúcar en Cuba. Editorial PUBLINICA. Ciudad de La Habana, 2005.

7. ANEXOS.

Anexo 1. 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.

Profundidad efectiva (pe)

Código	pe (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

Pendiente (p)

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

Drenaje (dre)

Código	Categoría	Descripción
1	Excesivamente drenado	El agua es removida del suelo muy rápidamente
2	Algo excesivamente drenado	El agua es removida del suelo rápidamente
3	Bien drenado	El agua es removida del suelo fácil, pero no rápidamente
4	Moderadamente bien drenado	El agua es removida del suelo algo lentamente en períodos del año. La zona radical está mojada durante períodos cortos
5	Imperfectamente drenados	El agua es removida lentamente de manera tal que los suelos están mojados a poca

		profundidad durante un período considerable
6	Pobrementemente drenados	El agua es removida del suelo tan lentamente, que los suelos están mojados por períodos largos. Normalmente tienen una mesa de agua a poca profundidad
7	Muy pobrementemente drenados	El agua es removida del suelo tan lentamente, que hay humedad a poca profundidad por períodos largos. Mesa de agua a muy poca profundidad

Compactación (co)

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 2. Resultados de la entrevista efectuada a 62 trabajadores de la UBPC Siguaney.

No	A su consideración diga cuales son los (3) aspectos que presentan mayor incidencia en los bajos rendimientos.	Si	%
1	Enyerbamiento sostenido en el surco de caña	29	15,6
2	Compactación en los campos de caña	24	12,9
3	Excesiva quema para la cosecha	21	11,3
4	Bajo % de población en la siembra de caña	20	10,8
5	Suelo con mal drenaje	19	10,2
6	Falta de cultivo de descompactación	18	9,7
7	Deficiente control integral de malezas	13	7
8	Baja densidad de yemas por metro lineal	13	7
9	Preparación de suelo deficiente y con humedad	12	6,4
10	Uso de semilla de mala calidad	11	5,9
11	No se utiliza subsolador para la preparación de suelo	6	3,2
	TOTAL GENERAL	186	100

Anexo 3. Planilla de levantamiento de factores edáficos limitantes.

Empresa: _____ Fecha: Día: ____ Mes: ____ Año: _____

Autores: _____

Unidad: _____ Bloque: _____ Campo: _____

Profundidad efectiva (cm): _____

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
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
1	Excesivamente drenado	3	Bien drenado	5	Imperfectamente drenado
2	Algo excesivamente drenado	4	Moderadamente bien drenado	6	Pobremente drenado

Rociedad (%): _____

C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
1	Sin rocas 0	3	Pocas rocas 2-5	5	Muchas rocas 15-40	7	Dominantes > 80
2	Muy pocas rocas 0-2	4	Frecuentes rocas 5-15	6	Abundantes rocas 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		

Gravas (%): _____

C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
1	Sin gravas 0	3	Pocas gravas 2-5	5	Muchas gravas 15-40	7	Dominantes > 80
2	Muy pocas gravas 0-2	4	Frecuentes gravas 5-15	6	Abundantes gravas 40-80		

Concreciones (%): _____

C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
1	Sin concreciones 0	3	Frecuentes concreciones 10-35	5	Muchas concreciones > 50
2	Pocas concreciones 0-10	4	Abundantes concreciones 35-50		

Tipo de erosión: _____

C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
1	Laminar	2	En Surcos	3	En cárcava

Intensidad de la erosión (%): _____

C	Etiqueta	C	Etiqueta	C	Etiqueta
1	Sin erosión < 25 % A	3	Moderadamente erosionado 50-75 % A	5	Muy severamente erosionado 25-75 % B
2	Pocos erosionado 25-50 % A	4	Severamente erosionado 75 % A-25 % B		

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 4. Resultados de la quema de caña en los años 2009, 2010 y 2011 y evaluación de los principales factores edáficos limitantes que inciden en la producción cañera en la UBPC Siguaney.

Bloque	Campo	Área	Surque	Quema			Factores limitantes			
				2009	2010	2011	PE	Pen	Dre	Comp
68	1	15,7	mal	si	no	si	3	2	3	4
	2	8,8	mal	si	no	si	3	2	3	4
	3	5,1	mal	si	no	si	3	2	3	4
	4	15,8	mal	si	si	si	3	2	3	4
	5	5,7	mal	si	si	si	3	2	3	4
	6	10,5	mal	si	si	si	3	2	3	4
71	1	6,9	mal	si	si	si	3	2	3	4
72	1	4,2	vacío	no	no	vacío				
	2	13,1	vacío	no	no	vacío				
75	2	8,2	bien	si	si	no	3	1	4	4
	3	8,3	bien	si	si	no	3	1	4	4
	4	12,2	bien	si	si	no	3	1	4	4
	5	8,6	bien	si	si	no	3	1	4	4
	6	12,8	bien	si	si	no	3	1	4	4
	7	12,3	bien	si	si	no	3	1	4	4
76	1	19,8	bien	si	si	no	3	1	4	4
	2	6,1	bien	no	no	no	3	1	4	4
77	1	22,2	bien	no	no	no	3	1	5	5
	2	15,2	bien	no	no	no	3	1	5	5
	3	3,9	bien	no	no	no	3	1	5	5
	4	7,6	bien	no	no	no	3	1	5	5
78	4	6,0	bien	si	si	si	3	1	5	4
79	1	14,4		si	si	si	roturado			
	2	8,4		si	si	si	roturado			
	3	9,4		si	si	si	roturado			

80	2	14,0		si	si	si	roturado			
	3	15,7		si	si	si	roturado			
	4	8,3		si	si	si	roturado			
82	1	11,2		no	no	no	roturado			
	2	2,5		no	no	no	roturado			
	3	12,2		no	no	no	roturado			
	29	7,0		no	no	no	roturado			
83	1	4,3		no	no	no	roturado			
	2	8,1		no	no	no	roturado			
	3	3,0		no	no	no	roturado			
90	1	2,9	bien	si	no	no	4	1	5	4
	2	10,8	bien	si	no	no	4	1	5	4
	3	6,7	mal	si	no	no	4	1	5	4
	4	11,6	bien	si	no	no	4	1	5	4
	5	6,7	bien	si	no	no	4	1	5	4
	6	2,5	bien	si	no	no	4	1	5	4
	7	4,0	bien	si	no	no	4	1	5	4
	8	14,0	mal	si	no	no	4	1	5	4
	9	6,8	bien	si	no	no	4	1	5	4
95	1	3,6	bien	si	si	si	4	1	5	4
	2	4,3	bien	si	si	si	4	1	5	4
	3	2,2	bien	si	si	si	4	1	5	4
	4	8,6	mal	si	si	si	4	1	5	4
	5	9,2	bien	si	si	si	4	1	5	4
	6	4,8	bien	si	si	si	4	1	5	4
	7	12,1	bien	si	si	si	4	1	5	4
	8	2,1	bien	si	si	si	4	1	5	4
	9	5,4	mal	si	si	si	4	1	5	4

	10	10,1	bien	si	si	si	4	1	5	4
	11	5,9	bien	si	si	si	4	1	5	4
	12	11,6	bien	si	si	si	4	2	4	4
	13	10,1	bien	si	si	si	4	2	4	4
96	1	15,7	bien	si	si	si	4	2	4	4
	2	13,4	bien	si	si	si	4	2	4	4
	3	13,0	bien	si	si	si	4	2	4	4
	4	12,3	bien	si	no	si	4	2	4	4
	5	10,4	mal	si	si	si	4	2	4	4
	6	5,5	mal	si	si	si	4	2	4	4
	7	5,5	mal	si	si	si	4	2	4	4
	11	8,0	mal	si	si	si	4	2	4	4
97	5	6,1	bien	no	no	si	4	2	4	4
	7	8,1	bien	no	no	si	4	2	4	4
	9	6,8	bien	no	no	si	4	2	4	4
	10	4,7	bien	no	no	si	4	2	4	4
	11	8,0	bien	no	no	si	4	2	4	4
	99	9,4	bien	no	no	no	4	2	4	4
98	1	1,9	bien	no	si	no	4	2	3	2
	2	9,2	bien	no	si	no	4	2	3	2
	3	5,1	bien	no	si	no	4	2	3	2
	4	23,4	bien	no	si	no	4	2	3	2
	5	3,4	bien	no	si	no	4	2	3	2
99	1	17,1	bien	no	si	no	3	2	3	4
	2	5,0	bien	no	no	no	3	2	5	4
	3	9,6	bien	no	no	no	3	2	5	4
	4	11,7	bien	no	no	no	3	2	5	4
	5	10,1	bien	no	no	no	3	1	5	4

	6	4,2	bien	no	no	no	3	1	5	4
	7	5,2	bien	no	si	no	3	1	5	4
101	1	5,7	bien	si	si	si	3	1	4	3
	2	18,8	bien	si	si	si	3	1	4	3
102	1	16,4	bien	si	si	si	3	1	4	3
	2	2,7	bien	si	si	si	3	1	4	3
	3	9,7	bien	si	si	si	3	1	4	3
103	1	9,1	bien	si	si	si	3	1	4	4
	2	10,2	bien	si	si	si	3	1	4	4
	3	9,7	bien	si	si	si	3	1	4	4
85	1	4,7	bien	si	no	no	4	1	3	4
85	2	5,2	bien	si	no	no	4	1	3	4
85	3	5,4	bien	si	no	no	4	1	3	4
85	4	5,7	bien	si	no	no	4	1	3	4
85	6	2,5	bien	si	no	no	4	1	3	4
105	1	6,3	bien	si	si	no	4	2	3	4
105	2	6,5	bien	si	si	no	4	2	4	4
105	3	4,3	bien	si	si	no	4	2	3	4
106	1	5,4	bien	si	si	si	4	2	3	4
106	2	6,2	bien	si	si	si	4	2	4	5
106	3	6,2	bien	si	si	si	4	2	4	5
106	4	8,3	bien	si	si	si	4	2	4	5
106	5	2,1	bien	no	si	si	5	2	4	6
107	1	12,1	bien	no	si	si	4	2	4	4
107	2	6,9	bien	no	si	si	4	2	4	5
107	3	13,3	bien	no	si	no	4	2	4	4
107	4	4,9	bien	no	si	no	4	2	4	5
107	5	12,1	bien	no	si	no	4	2	3	3

108	1	9,5	bien	si	si	no	4	2	4	4
108	2	4,0	bien	si	si	no	4	2	4	5
108	3	13,6	bien	si	si	no	3	2	5	4
108	4	7,8	bien	si	si	no	4	2	5	5
108	5	6,6	bien	si	si	no	3	1	5	5
108	6	6,2	bien	si	si	no	3	1	5	5
108	7	4,3	bien	si	si	no	3	1	5	5
109	1	8,3	mal	no	si	no	4	2	5	5
109	2	10,4	mal	no	si	no	4	2	5	5
109	4	4,4	mal	no	no	si	4	2	5	5
109	5	8,7	mal	no	no	si	4	2	4	4
109	6	10,3	mal	no	no	si	4	2	4	4
109	7	12,7	mal	no	si	si	4	2	4	4
109	8	5,4	mal	no	si	si	4	2	4	4
109	9	4,4	mal	no	si	si	4	2	4	4
109	88	14,5	mal	no	si	si	4	2	4	4
113	1	11,3		no	si	si	roturado			
113	2	7,2		si	si	si	roturado			
113	3	1,9		si	si	si	roturado			
113	91	8,6		si	si	si	roturado			
114	1	6,1		si	si	si	roturado			
114	2	8,5		si	si	si	roturado			
114	3	7,9		si	si	si	roturado			
114	4	2,0		si	si	si	roturado			