

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

DIAGNÓSTICO DE LA EROSIÓN HÍDRICA PARA IDENTIFICAR PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN
DE SUELOS EN FINCA SAN MAURICIO, RETALHULEU
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

PEDRO RENE GUZMAN CASTILLO
CARNET 1438-00

COATEPEQUE, SEPTIEMBRE DE 2018
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES

DIAGNÓSTICO DE LA EROSIÓN HÍDRICA PARA IDENTIFICAR PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN
DE SUELOS EN FINCA SAN MAURICIO, RETALHULEU
SISTEMATIZACIÓN DE PRÁCTICA PROFESIONAL

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR
PEDRO RENE GUZMAN CASTILLO

PREVIO A CONFERÍRSELE
EL TÍTULO DE INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES EN EL GRADO
ACADÉMICO DE LICENCIADO

COATEPEQUE, SEPTIEMBRE DE 2018
SEDE REGIONAL DE COATEPEQUE

AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

ING. JACINTA IMELDA MÉNDEZ GARCÍA

TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN

MGTR. EDGAR AMÍLCAR MARTÍNEZ TAMBITO

MGTR. MANUEL RODRIGO SALAZAR RECINOS

ING. GUSTAVO ADOLFO MÉNDEZ GÓMEZ

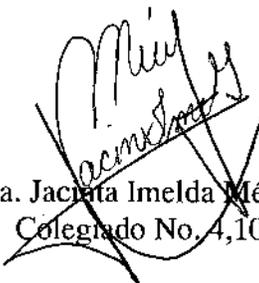
Guatemala, 27 de septiembre de 2018.

Honorable Consejo de
La Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas
Presente.

Distinguidos Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante Pedro René Guzmán Castillo, carné 143800, titulada: “Diagnóstico de la erosión hídrica para identificar prácticas de conservación de suelos en finca San Mauricio, Retalhuleu”, el cual considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente.



Inga. Agra. Jacinta Imelda Méndez García
Colegiado No. 4,109



Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Sistematización de Práctica Profesional del estudiante PEDRO RENE GUZMAN CASTILLO, Carnet 1438-00 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES, de la Sede de Coatepeque, que consta en el Acta No. 06164-2018 de fecha 22 de septiembre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

DIAGNÓSTICO DE LA EROSIÓN HÍDRICA PARA IDENTIFICAR PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN FINCA SAN MAURICIO, RETALHULEU

Previo a conferírsele el título de INGENIERO AGRÓNOMO CON ÉNFASIS EN CULTIVOS TROPICALES en el grado académico de LICENCIADO.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 25 días del mes de septiembre del año 2018.



**MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA, SECRETARIO
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS
Universidad Rafael Landívar**

DEDICATORIA

A:

Dios: Que siempre me da su infinito amor, fortaleza para superar las diferentes de la vida y me bendice con las personas que me rodean.

Mis padres: Fernando López y Marina Roca a quienes quiero mucho, por su inmenso amor, por su tiempo, sus consejos oportunos y por su ejemplo a seguir.

Mi hijo: Cristóbal Fernando López Jordán que lo amo mucho, por ser la razón de mi esfuerzo, mi alegría y la motivación constante de superación.

Mi familia: Abuelos, hermanos, tíos, primos, sobrinos y cuñados que de una u otra forma han contribuido a mi formación.

Mis amigos: Por su apoyo, compañía y formar parte de mi desarrollo integral, con mucho aprecio.

ÍNDICE

RESUMEN	i
1. INTRODUCCIÓN	1
2. ANTECEDENTES	2
2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	2
2.1.1 Generalidades del cultivo de la caña	2
a. Clasificación taxonómica	2
b. Origen del cultivo de caña de azúcar	2
c. Caña de azúcar	3
2.1.2 Importancia económica de la caña de azúcar	3
2.1.3 Descripción botánica	4
2.1.4 Formación del suelo	4
2.1.5 Degradación del suelo	5
2.1.6 Tipos de degradación del suelo	7
2.1.7 El proceso de la erosión hídrica	7
2.1.8 Tipos de erosión hídrica	10
a) Erosión laminar	10
b) Erosión por arroyamiento	10
c) Erosión de depósitos fluviales	10
d) Deslizamientos	10
e) Erosión en túnel	11
2.1.9 Método directo de medición de la erosión hídrica	11
2.1.10 Método indirecto de medición de erosión hídrica	14
2.1.11 Prácticas de conservación de suelo	14
a) Cobertura	14
b) Análisis de suelo	14
c) Rotación de cultivos	15
d) Abonos verdes	15
e) El manejo de relieve	15
f) Curvas de nivel	16
g) Siembras en contorno	16

h) Aplicación de Materia Orgánica	16
i) Uso de Mulch	17
j) Barreras vivas	17
k) Acequias de ladera	18
l) Barreras muertas	18
m) Diques de contención	18
2.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA ANFITRIONA	19
3. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA	19
3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA	19
3.1.1 Superintendente	20
3.1.2 Gerente	20
3.1.3 Administrador	20
3.1.4 Supervisor de labores	20
3.1.5 Caporal	20
3.1.6 Organigrama de la empresa	21
3.2 NECESIDAD EMPRESARIAL Y EJE DE SISTEMATIZACIÓN	21
4. OBJETIVOS	23
4.1 OBJETIVO GENERAL	23
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
5. PLAN DE TRABAJO	24
5.1 PROGRAMA DE TRABAJO	24
5.1.1 Parcelas de escurrimiento	25
5.1.2 Parcela de escorrentía finca San Mauricio	26
5.1.3 Ficha técnica	27
5.2 INDICADORES DE RESULTADOS	27
5.3 CRONOGRAMA DE TRABAJO Y SU DESCRIPCIÓN	28

5.3.1 Observación	28
5.3.2 Entrevistas personales	28
5.3.3 Fase de campo	28
5.3.4 Fase administrativa	29
6. INFORME DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
6.1 EROSIÓN HÍDRICA, CUANTIFICADA EN TM/HA	30
6.2 PENDIENTE DE LOS LOTES MEDIDA EN PORCENTAJE	31
6.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EROSIÓN HÍDRICA	32
6.4 PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DELSUELO	34
7. CONCLUSIONES	36
8. RECOMENDACIONES	37
9. BIBLIOGRAFÍAS	38
10. ANEXOS	40
10.1 LOCALIZACIÓN	41
10.2 MAPA DE FINCA SAN MAURICIO, RETALHULEU	41

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de <i>Saccharum officinarum</i>	2
Cuadro 2. Identificación de muestras tomadas en el campo	27
Cuadro 3. Cronograma de actividades	28
Cuadro 4: Erosión hídrica en Ton/ha, finca San Mauricio	30
Cuadro 5: Pendiente de los diferentes lotes en estudio, medida en	31
Cuadro 6: Factores que intervienen en la erosión hídrica	33
Cuadro 7: Prácticas de conservación de suelos recomendables	34
Cuadro 8. Cuadro de Resultados de erosión del mes de julio	43
Cuadro 9. Cuadro de Resultados de erosión del mes de agosto	43
Cuadro 10. Cuadro de Resultados de erosión del mes de septiembre	44
Cuadro 11. Cuadro de Resultados de erosión del mes de octubre	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de finca San Mauricio	21
Figura 2. Parcela de escurrimiento, según Hudson	25
Figura 3. Borde y canal revestido de nylon	26
Figura 4. Recipientes colectores	26
Figura 5. Ubicación satelital, finca San Mauricio, Caballo Blanco, Retalhuleu	39
Figura 6. Plano de la finca San Mauricio, con puntos de biometría	39
Figura 7. Mapa de finca San Mauricio, Caballo Blanco, Retalhuleu	40
Figura 8. Canal de escurrimiento revestido con nylon	41
Figura 9. Toneles recolectores de escorrentía	41
Figura 10. Puntos de recolección de escorrentía protegidos para evitar contaminación	42

DIAGNÓSTICO DE LA EROSIÓN HÍDRICA PARA IDENTIFICAR PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN FINCA SAN MAURICIO, RETALHULEU.

RESUMEN

En el presente informe de la Práctica Profesional Supervisada, se dio énfasis en la sistematización del problema que causa la erosión hídrica, en el cultivo de Caña de azúcar de 548.67 has de (*Sacharum officinarum L.*), Poaceae; realizada en finca San Mauricio, Caballo Blanco, Retalhuleu. El estudio consistió en cuantificarla erosión con la clasificación de el porcentaje de pendiente, posteriormente se clasificaron los lotes de acuerdo a la pendiente, en 5, 10 y 15%. Con la pendiente determinada se construyó una parcela de escurrimiento en cada uno de ellos. Para el efecto se colocaron por debajo del nivel del suelo, tres toneles de 52 galones de capacidad como colectores. Al finalizar cada evento de lluvia, se tomó una muestra de un litro por cada parcela de escurrimiento y se llenó una boleta de campo para poder identificarla y luego trasladarla al laboratorio del Instituto del Cambio Climático –ICC- para su análisis. Al finalizar la época lluviosa y por ende el estudio; se realizó el análisis de los resultados del laboratorio para la cuantificación de la erosión para cada una de las parcelas en estudio; determinándose que para pendientes del 5% se tuvo una pérdida de 0.33 toneladas por hectárea/año; para pendientes del 10%, 0.40 toneladas por hectárea /año y para pendientes del 15% se determinó que se perdieron 0.58 toneladas por hectárea/año de suelo perdido. Para cada una de las pendientes determinadas se hizo un listado de posibles prácticas de conservación de suelos que podrían implementarse en finca San Mauricio, entre las que se pueden mencionar: curvas a nivel, barreras muertas, acequias, uso de mulch, diques de contención, entre otras, según la pendiente del terreno. Tomando en cuenta con los recursos y las condiciones con las que cuenta la finca. Así también se hizo una descripción de los factores que inciden en la erosión hídrica como, suelo, topografía, vegetación y clima; para poder tener una explicación de las posibles causas de ésta, en los diferentes tipos de suelo y poder tomar mejores decisiones sobre el tipo de prácticas de conservación de suelos a implementar.

1. INTRODUCCION

El Ingenio Magdalena cuenta con una extensión de 55,000 has de cultivo de caña de azúcar, dentro de las cuales cuenta con fincas con pendientes que van desde el 5% al 15% por cual es de suma importancia iniciar con propuestas que reduzcan el impacto y sustenten la conservación de los suelos.

El suelo es una de las riquezas más importantes y más explotadas en el mundo, además de ser frágil, de difícil y larga recuperación y de extensión limitada; se le considera como un recurso no renovable. Problemas como la degradación y erosión de suelos, pérdida de su capacidad productiva, contaminación de suelos, aguas superficiales y acuíferos, la pérdida de biodiversidad y la degradación de montes y pastizales están edificados y cuantificados en términos físicos.

En el 2009, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) y el Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente-Universidad Rafael Landívar (IARNA-URL), informaron que la vertiente del Pacífico presenta la mayor tasa de erosión de 710T/Ha/año, duplicando a la tasa de erosión de la vertiente del Golfo de México que es de 330 T/Ha/año y es casi seis veces mayor a la tasa de erosión de la vertiente del Atlántico 122 T/Ha/año (MAGA, IARNA-URL, 2009).

Estas tasas corresponden a niveles de erosión muy fuertes (> 200 T/Ha/año) y fuertes (50-200 T/Ha/año), de acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 1979).

Actualmente, se ha evidenciado una mejora en la conciencia pública por el cuidado de los ecosistemas y por un manejo sustentable de los recursos naturales. Asimismo, los mercados van aumentando las exigencias de calidad e inocuidad de alimentos y materias primas y en procesos de producción amigable con el medio ambiente y socialmente equitativa (INTA, 2012). El uso de fertilizante se incrementa por la pérdida de fertilidad en los suelos por erosión hídrica

2 ANTECEDENTES

2.1 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1.1. Generalidades del cultivo de caña de azúcar

a. Clasificación taxonómica

Cuadro 1. Clasificación taxonómica de *Saccharum officinarum* L.

Reino:	Plantae
División:	Magnoliophyta
Clase:	Liliopsida
Subclase:	Commelinidae
Orden:	Poales
Familia:	Poaceae
Subfamilia:	Panicoideae
Tribu:	Andropogoneae
Género:	Saccharum
Especie:	S. officinarum

(CENGICAÑA,2012)

b. Origen del Cultivo de Azúcar

La región cañera de Guatemala está localizada en la Planicie Costera del Océano Pacífico en las regiones fisiográficas de la Llanura Costera del Pacífico y Pendiente Volcánica Reciente y está comprendido en las coordenadas 13° 55' 14" Latitud norte y 90° 30' 45" Longitud oeste (CENGICAÑA, 2012).

Según estudio de suelos de Cengicaña, (1996), en la región hay seis (6) órdenes de suelos predominando en su orden: Mollisoles (40%), Andisoles (25%), Entisoles (16%) e Inceptisoles (11%) y en menor escala Alfisoles (1%) y Vertisoles (1%).

c. Caña de azúcar

Estudios efectuados recientemente indican que la caña de azúcar no es originaria de la india como se creía, sino de Nueva Guinea con la relación a las zonas climáticas, se desarrolla en regiones tropicales y semi- tropicales del mundo, (CENGICAÑA, 2012).

La caña de azúcar se utiliza como alimento hace más de 2,500 años. El azúcar en forma sólida era azada en Persia en el año 500 de nuestra era. En América fué introducida por Cristóbal Colón, en su segundo viaje. La llevó a Santo Domingo donde se sabe que en el año 1,513 se produjo azúcar. En el año 1,600 la producción de azúcar en América estaba considerada como la mayor industria del mundo(CENGICAÑA, 2012).

2.1.2. Importancia económica de la caña de azúcar

En Guatemala el cultivo de la caña de azúcar es uno de los más antiguos. Los primeros intentos se produjeron apenas concluida la parte armada de la Conquista y ya en 1,536 Amatitlán se había convertido en la principal área de producción del dulce, que también se sembraba en Jilotepeque, Escuintla, Guazacapán y la Verapaz. Aunque al principio la producción azucarera estuvo en manos de laicos, hacia fines del siglo XVI estaba prácticamente controlada por la Iglesia, en particular por jesuitas, mercedarios, dominicos y agustinos, quienes manejaban los ingenios de más alta producción, como el de San Jerónimo, cuyas ruinas es posible visitar en la actualidad(CENGICAÑA, 2012).

Actualmente, la agroindustria azucarera se ha convertido en una de las principales fuentes de divisas para el país y generadora de abundantes empleos en la economía guatemalteca. Actualmente Cengicaña es el centro de investigación más importante a nivel nacional, contribuye en la investigación y desarrollo de variedades nuevas de caña de azúcar, contribuyendo decisivamente al desarrollo de más de medio centenar de municipios del país y de más de un millón de personas, de forma directa e indirecta, con lo que se constituye en un factor determinante para el progreso de Guatemala (Orozco, 2014).

El informe anual de la Asociación de Azucareros de Guatemala (Azosgua) afirma que la exportación de azúcar aumentó 19.25% entre el año 2012 y 2013.

Dicha estimación se hizo del uno (01) de noviembre de 2012, fecha en la que dió inicio la zafra, al ocho (08) de mayo de 2013, cifra superior a la del año anterior. La temporada de producción terminó en mayo en donde se esperaban alcanzar 2.3 millones de toneladas métricas, las cuales fueron superadas (CENGICAÑA, 2012).

2.1.3. Descripción botánica

La caña de azúcar es originaria de las regiones tropicales y subtropicales del Oriente (India). El género *Saccharum* es la gramínea que mejor utiliza la energía solar.

La raíz de la caña de azúcar es fibrosa. Generalmente el 70 % de las raíces se encuentran en los primeros 40 cm, el tallo es cilíndrico, alargado y sin ramificaciones, en su extremo tiene una yema apical de crecimiento que en variedades floreadas se transforma en yema floral y después en espiga. Está dividido en nudos y entrenudos, el entrenudo es la parte más importante porque es allí donde se almacena el azúcar (CENGICAÑA, 2012).

2.1.4 Formación del suelo

El suelo es un cuerpo natural proveniente de distintos procesos físicos, químicos y biológicos, actuando sobre el material original, que le imprimen rasgos característicos capaces de soportar la vida vegetal.

La causa principal de la formación de los suelos es la meteorización, que consiste en la alteración que experimentan las rocas en contacto con el agua, el aire y los seres vivos. Pueden distinguirse

- Meteorización física o meteorización mecánica es aquella que se produce cuando, al bajar las temperaturas, el agua que se encuentra en las grietas de las rocas se congela. Así aumenta su volumen y provoca la fractura de las rocas.

- Meteorización química es aquella que se produce cuando los materiales rocosos reaccionan con el agua o con las sustancias disueltas en ella.

La actividad biológica puede contribuir tanto a la meteorización física como a la química.

El suelo puede formarse y evolucionar a partir de la mayor parte de los materiales rocosos, siempre que permanezcan en una determinada posición el tiempo suficiente para permitir las anteriores etapas. Se pueden diferenciar:

- Suelos autóctonos, formados a partir de la alteración de la roca que tienen debajo.
- Suelos alóctonos, formados con materiales provenientes de lugares separados. Son principalmente suelos de fondos de valle cuya matriz mineral procede de la erosión de las laderas.

La formación del suelo es un proceso en el que las rocas se dividen en partículas menores mezclándose con materia orgánica en descomposición. El lecho rocoso empieza a deshacerse por los ciclos de hielo-deshielo, por la lluvia y por otras fuerzas del entorno (Rivera, *et al*, 2015).

Factores formadores de los suelos: $S = F(\text{clima, biota, tiempo, relieve, material parental, hombre})$ (INTA, 2010).

2.1.5 Degradación del suelo

Es todo aquel proceso que produce disminución parcial o total de su capacidad productiva, afectando sus propiedades físicas, químicas biológicas. (Rivera, *et al*, 2005).

La degradación de los recursos naturales es un problema grave, que exige una atención prioritaria para el desarrollo sustentable de una nación. Con el ahondamiento de los problemas ecológicos, se ha multiplicado la importancia del aspecto ambiental, en los esfuerzos de la planeación económica (Rivera, *et al*. 2005).

La degradación ambiental, es un proceso inducido por el comportamiento de las actividades humanas, que daña o altera los recursos naturales y los ecosistemas. Los efectos potenciales son variables y pueden contribuir a incrementar la vulnerabilidad, frecuencia e intensidad de los peligros naturales. La degradación de los suelos, la deforestación, los incendios forestales, la desertificación, la pérdida de la biodiversidad, la contaminación del suelo, aire y agua, el cambio climático, el incremento en el nivel del mar y la reducción de la capa de ozono, son ejemplos de la degradación ambiental (Rivera, *et. al.* 2005).

La degradación del suelo, es todo aquel proceso que produce disminución parcial o total de su capacidad productiva del suelo; afectando sus propiedades físicas, químicas y biológicas (Rivera, *et, al.*2005).

Existen diferentes factores que causan la degradación del suelo, todos ellos están interrelacionados, lo que dificulta su estudio, como por ejemplo: la erosión causada por el agua o el viento (Rafaelli, *et, al.*2010).

Factores que intervienen en la degradación de los suelos

Existen diferentes factores que causan la degradación del suelo, estando todos ellos interrelacionados, lo que dificulta su estudio. Uno de los más destacados, es la erosión causada por el agua o el viento, siendo un proceso que afecta de forma generalizada a la mayor parte de las tierras emergidas del mundo. El proceso erosivo es posible que se agrave por el cambio climático e incremente el deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas, y con ello, se acentúe la disminución de la materia orgánica, la contaminación y salinización. Asimismo, acelere la pérdida de biodiversidad y, en general, las propiedades económicas del suelo y la pérdida duradera de vegetación natural (Rafaelli, *et, al.* 2010)

2.1.6 Tipos de degradación de suelo

Según la naturaleza de los procesos, se consideran tres tipos de degradación del suelo:

- **Degradación física:** Deterioro de la estructura del suelo produciendo un sellado del suelo, encostrado y piso de arado, todo causado por el agua y el viento, producto de la erosión hídrica y eólica, respectivamente.
- **Degradación química:** Pérdida de nutrientes o de fertilidad, acidificación y alcalinización, salinización y contaminación por uso indiscriminado de herbicidas, plaguicidas y fertilizantes.
- **Degradación biológica:** Pérdida de materia orgánica y la alteración de la flora y fauna del suelo (microflora, lombrices, ect.) (Rafaelli, *et. al.* 2010).

2.1.7 El proceso de la erosión hídrica

La erosión del suelo es un proceso con dos fases, consistentes en el desprendimiento de partículas individuales de la masa del suelo y su transporte por los agentes erosivos, como las corrientes de agua y el viento. Cuando la energía de estos agentes no es suficiente para transportar las partículas, se produce una tercera fase: su deposición (Morgan, 1997).

La erosión de los suelos tiene, desde el punto de vista de las ciencias de la Tierra, un aspecto positivo al llevar a los ríos sedimentos y nutrientes, manteniendo de esta forma el necesario equilibrio sedimentario en los cauces y en las playas, a la vez que configura y mantiene espacios muy fértiles. La erosión está originada por la combinación de varios factores, tales como las pendientes pronunciadas, el clima, las características del suelo, su uso y gestión, el tipo y estado de cubierta vegetal (Rafaelli, *et. al.* 2010).

En todo el mundo, el uso agrícola de la tierra está causando graves pérdidas de suelo. Es muy probable, que la raza humana no pueda alimentar una población creciente, si la pérdida de suelos fértiles por el uso agrícola continua con esta tendencia. Las causas del uso inadecuado de la tierra son múltiples (FAO, 1997).

Como consecuencia, la degradación de tierras implica importantes cambios socioeconómicos: desequilibrios en los rendimientos y producción de los agrosistemas, disminución o pérdida de ingresos económicos, ruptura del equilibrio tradicional entre las actividades agrícolas y de pastoreo, abandono de tierras y cultivos, deterioro del patrimonio paisajístico, emigración, etc. (Rafaelli, *et al*, 2010). En muchos países en desarrollo, el hambre obliga a la gente a cultivar tierras que no son aptas para agricultura o que sólo con esfuerzos muy grandes y costosos, como la construcción de terrazas, pueden ser convertidas en áreas para uso agrícola (FAO, 2000).

La erosión se transforma así en una amenaza directa al agricultor. Se desarrollan sistemas y prácticas para controlar la erosión con el fin de conservar el suelo, es decir, para evitar que el suelo se moviera de un lugar a otro. Evidencias de esta idea de conservación de suelo con respecto a la erosión hídrica eran cultivos en curva de nivel, camellones o zanjas también en curvas de nivel para evitar que el agua corriera en las pendientes. Se hicieron grandes esfuerzos para construir terrazas. Además se recomendó no dejar la superficie del suelo descubierto, dejar rastrojos o alguna capa de cobertura en la superficie para frenar tanto la energía cinética tanto del viento como del agua (FAO, 2000).

Los principales factores que contribuyen para que se presenten los procesos erosivos en los suelos son:

- El agua de lluvia y sus características hidrodinámicas asociadas: como el tamaño de la gota y la velocidad de caída terminal, al impactar en el suelo, especialmente aquel que carece de cobertura vegetal, según Hudson, (1982), citado por Núñez, (2001).

- También influyen las características de intensidad, o cantidad de milímetros de lluvia caída por unidad de tiempo:
- El tiempo que dura el evento pluvial desde que se inicia hasta que concluye.
- Frecuencia o regularidad con la que se presenta un evento pluvial en una región particular, o número de veces que se repite una tormenta con características similares en intensidad y duración durante un largo período de registro: 10, 20, 50 o más años (Núñez Solís, 2001).

De acuerdo con la intensidad de lluvia, tipo de suelo y grado de protección de la superficie se producirá erosión hídrica de distinta gravedad. Así se encontrará erosión laminar, donde el suelo se pierde en capas muy delgadas. Luego puede aparecer la erosión digital, en forma de los dedos de una mano, donde el agua que escurre desde las lomas más altas a los bajos es capaz de cortar el suelo y formar pequeños surcos de menos de 5 a 10 cm de profundidad. Por último, la forma más grave de erosión lo constituye la formación de surcos y canales profundos, llamados cárcavas. Estas cárcavas pueden tener varios metros de ancho y de profundidad, constituyendo pequeños arroyos (Escalante, 2005).

La pendiente de los terrenos medida en porcentaje, equivale a la tangente del ángulo de la pendiente. Estas medidas permiten calificar los terrenos en planos, ligeramente ondulados, moderadamente ondulados, ondulados, etc. En la medida en que se incrementa el ángulo de la pendiente, así como su longitud y su conformación fisiográfica (pendientes simples y complejas), se incrementa la susceptibilidad de las partículas finas del suelo de ser arrastradas por el agua de lluvia, en forma laminar (Núñez, 2001).

2.1.8 Tipos de erosión hídrica

a) Erosión laminar

La más extendida y la menos perceptible. El daño causado, a igualdad de pérdida del suelo es mayor, ya que selecciona las partículas del suelo, deja atrás las más gruesas, llevándose el limo, la arcilla y la materia orgánica (Núñez, 2001).

b) Erosión por arroyamiento:

Tiene lugar cuando el agua concentra el poder erosivo a lo largo de un canal, en función de su energía cinética. Presenta dos tipos:

(1) Regueros o canales de menor tamaño. Pueden cruzarse y suavizarse con operaciones normales de laboreo. El efecto es parecido al de la erosión laminar.

(2) Cárcavas y barrancos que se forman donde se concentra el agua que fluye descendiendo por una pendiente (Núñez, 2001).

c) Erosión de depósitos fluviales

Tiene lugar cuando el canal principal de una corriente establecida incide contra sus propios sedimentos (Núñez, 2001).

Cuando el agua de lluvia no alcanza a infiltrarse en el suelo, debido a su saturación, pendiente elevada o poca capacidad de infiltración, fluye por la superficie de terrenos pendientes arrastrando el suelo desprendido. Según el grado de pendiente, cantidad de agua, clase y estado del suelo, se presentan diferentes formas de erosión por escurrimiento (Prieto, 2004).

d) Deslizamientos

Pueden ser de tres tipos:

1. Superficiales: una capa superficial de terreno resbala por efecto de la gravedad a causa de una cantidad de agua embebida.
2. De fondo: una capa permeable resbala sobre otra más profunda impermeable, debido a la formación de un plano lubricado.

3. Reptación: movimiento lento e imperceptible de una película superficial de suelo en el sentido de la pendiente, debido a varias causas (Núñez, 2001).

e) Erosión en túnel:

Se manifiesta por hundimientos y deslizamientos, debidos a flujos subterráneos, o a la existencia de rocas solubles que dan lugar a cavernas (Núñez, 2001).

2.1.9 Método directo de medición de la erosión hídrica

Las medidas de campo pueden clasificarse en dos grupos: las diseñadas para determinar las pérdidas de suelo en áreas relativamente pequeñas o parcelas de erosión, frecuentemente como parte de un experimento, y las diseñadas para evaluar la erosión en áreas más grandes, como una cuenca hidrográfica (Morgan, 1997).

Los métodos cuantitativos determinan la erosión por medida directa (medidas en cuencas, medida del volumen del flujo de agua y sedimentos, agujas de erosión, estacas, varillas, perfiladores micro topográficos, etc.), en el terreno o la estimación a partir de ensayos (simuladores de lluvias, parcelas de erosión), o por medida de parámetros asociados a los sedimentos o al suelo (materia orgánica, fósforo, etc.) (Rafaelli, López y Almorox, 2010).

Las parcelas de erosión delimitadas, se emplean en investigaciones permanentes o en estaciones experimentales, para estudiar los factores que afectan a la erosión, ya que se pueden controlar las condiciones en cada parcela. Cada parcela es una porción aislada de terreno que tiene como datos conocidos: tamaño, grado de pendiente, longitud de la pendiente y tipo de suelo, para el que se ha controlado su escorrentía y pérdida de suelo. El número de parcelas depende, sobre todo, de los propósitos del experimento, pero normalmente deben permitir, al menos dos repeticiones (Rafaelli, López y Almorox, 2010).

La parcela de medición generalmente está compuesta de un área de escurrimiento con bordes y un recipiente de captación. Los bordes divisores de las parcelas, pueden

ser de lámina de plycem o de zinc, enterrados 20 a 30 cm y con una altura de 20 cm sobre el suelo. El recipiente puede ser un medio barril o cualquier tanque que se adapte al tamaño necesario, para captar el sedimento proveniente de la parcela (CIAT, PASALAC y UNA, 2005).

Su tamaño más frecuente es de 44 m² (2x22 m); así Morgan, 1986, indica unas dimensiones de 22 m de largo por 1,8 m de ancho, aunque otros tamaños de parcelas son utilizados. Sin embargo, se sugiere la adopción de una longitud mínima de 10.49 m para la evaluación de la escorrentía superficial, pudiendo ser sustancialmente mayor en el caso de evaluaciones relativas a prácticas de conservación y cultivo.

Los monitoreos de los sedimentos interceptados y almacenados en los tanques, se realizan periódicamente y en dependencia de la frecuencia e intensidad de eventos de lluvia. Puede ser semanal, cada dos semanas o una vez al mes (CIAT, PASALAC y UNA, 2005).

Para cuantificar los sólidos en suspensión, se toma una muestra de un litro de agua escurrida en cada recipiente colector. Luego se filtra el agua, se seca el papel filtro utilizado en un horno de convección a 60°C por 12 horas. Luego de secada la muestra, se determina su peso con la ayuda de una balanza analítica. El peso de cada muestra, será convertida a peso del volumen total escurrido por evento (Salguil, 1995).

Los sedimentos depositados en el fondo de los recipientes colectores, se secan bajo sombra, para que cuando se sequen se determine su peso. La totalidad de suelo erosionado por evento será expresado en toneladas por hectárea (T/Ha) (Salguil, 1995).

Según Rafaelli, et. al. 2010, la parcela tipo tiene 22 metros de largo y 1.8 metros de ancho, aunque se utilizan, a veces, otros tamaños de parcela. Se limitan las parcelas con chapas metálicas, madera u otro material estable, que no deje escapar el agua ni se oxide. Los límites deben sobrepasar en 15 a 20 centímetros la superficie del suelo

y se embuten en él hasta profundidad suficiente para que no se muevan por la alternancia de humedad y sequía, o congelación y deshielo del suelo. Al final, pendiente abajo, se sitúa una artesana colectora o unas canaletas, cubiertas por una tapadera para impedir la entrada directa de lluvia, desde las que se conducen los sedimentos y la escorrentía hasta los tanques de recogida.

Para parcelas grandes o cuando los volúmenes de escorrentía son muy altos, el volumen sobrante de un primer tanque de recogida pasa a través de un divisor que fracciona el volumen en partes iguales y pasa una parte, como una muestra, a un segundo tanque de recogida (Rafaelli, *et. al.* 2010).

En algunas parcelas, antes de pasar al primer tanque de recogida, la escorrentía es conducida por una canaleta hasta un aliviadero que automáticamente registra el volumen vertido (Rafaelli, *et. al.* 2010).

Residuos. La precipitación se mide con pluviómetros y fluviógrafos situados, ambos en las inmediaciones de las parcelas (Rafaelli, *et. al.* 2010).

Se añade un floculante a la mezcla de agua y sedimentos recogida en cada tanque. El suelo precipita en el fondo del tanque y el agua clara se saca de los tanques y se mide. Se determina el volumen de suelo que ha quedado en el tanque y se separa una muestra de volumen conocido para secarla y pesarla. El peso de la muestra multiplicado por el volumen total da el peso total de suelo en el tanque.

Si todo el suelo ha sido recogido en el tanque, este peso representa la pérdida total de suelo de la parcela. Como se conoce la hora en que se toma cada muestra durante la tormenta, los datos se pueden integrar a lo largo del tiempo dando una gráfica de sedimentación (Morgan, 1997).

2.1.10 Método indirecto de medición de la erosión hídrica (Ecuación universal de pérdida de suelo)

Método indirecto de la estimación de la erosión hídrica, del Servicio de Conservación de Suelos (SCS) de EE.UU. Modelo desarrollado a partir de relaciones estadísticas desarrolladas a partir de una amplia base de datos experimentales es de más de 8,000 parcelas distribuidas en el territorio, que combina diferentes condiciones climáticas, de suelo, pendiente y sistema de uso y manejo del suelo.

$$A=R*K*LS*C*P$$

A: Erosión hídrica, T/Ha/Año

R: Erosividad de la lluvia, MJ/Ha*mm/hr

K: Erodabilidad del suelo, T/Ha*Ha/MJ*hr/mm

LS: Factor topográfico (inclinación y longitud de la pendiente)

C: Factor de cobertura

P: Factor de prácticas de conservación de suelos (Núñez, 2001)

2.1.11 Prácticas de conservación de suelos

a) Cobertura

Esta impide que las gotas de lluvia impacten directamente sobre el suelo, evitando de esta forma el desmenuzamiento de los agregados. Además, la cobertura de rastrojo también ejerce un efecto amortiguador ante las presiones ejercidas en el área de contacto (Santos, 2014).

b) Análisis del suelo,

La agricultura dio un salto cuando se descubrieron y aplicaron los abonos químicos, pero hoy se confronta el problema del aumento de la salinidad de los suelos, provocado por el exceso de abonos. Un análisis previo, en laboratorios especializados, de las características físico-químicas del suelo en función de cada cultivo, permite la aplicación de los fertilizantes adecuados en las cantidades óptimas, evitando los excesos. El movimiento de agricultura orgánica avanzada en encontrar y difundir tecnologías que contrarresten las negativas secuelas sobre el suelo de la llamada revolución verde y los agroquímicos (Santos, 2014).

c) Rotación de cultivos

Consiste en alternar un cultivo con otro, siempre que éstos tengan diferentes exigencias nutricionales. Puede tomarse el criterio de que sean de diferente familia. Como regla general, es cambiar de un cultivo a otro (Santos, 2014).

d) Abonos verdes

Consiste en sembrar un cultivo determinado y luego incorporarlo al suelo. Generalmente se utilizan plantas leguminosas, ya que se descomponen con relativa facilidad cuando se incorporan (Santos, 2014).

e) El manejo del relieve

Sus principios es acortar la longitud de la pendiente, para reducir la velocidad de la infiltración. Generar micro relieves para incrementar la sedimentación y detenimiento superficial del agua. Conducir y evacuar la escorrentía a drenajes naturales. Para ello las prácticas de cultivos en curvas a nivel o cultivos en contorno, cultivos en fajas a nivel y cultivos en terrazas (Santos, 2014).

Las formas de tenencia de la tierra, son una limitación a la adopción de estas técnicas, principalmente los sistemas de tenencia bajo arrendamiento de corto plazo (Santos, 2014).

f) Curvas de nivel

Consiste en el trazo de líneas en el terreno que conservan el mismo nivel. El número y distanciamiento entre curvas varía de acuerdo a la pendiente del terreno. Su principal función es proteger al suelo de la erosión, sembrando cultivos y haciendo todas las practicas siguiendo la dirección de las curvas (Sánchez, A. J. 1995).

g) Siembras en contorno

Estas prácticas son básicas dentro de los sistemas de conservación de suelos y tienen aplicación en todo el país. Las siembras en contorno consisten en realizar la siembra y todas las labores y operaciones culturales “en contorno” o sea a curva de nivel o perpendicular a la pendiente. Su función es formar un obstáculo que impida el paso del agua de escorrentía, para disminuir así su velocidad y su capacidad de arrastrar el suelo (Santos, 2014).

h) Aplicación de materia orgánica

La materia orgánica, consiste en cualquier resto de animales o vegetales parcial o totalmente descompuestos presentes en la superficie del suelo. La aplicación de materia orgánica completamente descompuesta, se utiliza en lugares donde el nivel de fertilidad es muy bajo. La mayoría de los suelos sufren déficit de éste componente. Entre los efectos de la materia orgánica se pueden mencionar los siguientes:

- ✓ Mejoramiento de las características físicas del suelo: Se mejora la capacidad de aireación, de infiltración y de retención de humedad del suelo mediante la formación de agregados resistentes al agua.
- ✓ Mejoramiento de las características químicas del suelo: Hay aporte de nutrientes debido a la descomposición de la materia orgánica.
- ✓ Mejoramiento de la flora microbiana: Disminuye la incidencia de plagas y enfermedades del suelo, se promueve el crecimiento de las raíces (Sánchez, A. J. 1995).

i) Uso de mulch

Consiste en cultivar plantas para cubrir la superficie del suelo o usar rastrojos de cultivos o malezas. El mulch tiene la desventaja de que cuando llueve mucho y la humedad es excesiva, puede causar algunos efectos negativos a los cultivos. Entre los efectos del mulch se tienen:

- ✓ Se protege el suelo del impacto de las gotas de lluvia, y aumenta la infiltración del agua al suelo.
- ✓ Disminuye el escurrimiento superficial y disminuye la cantidad de erosión.
- ✓ Controla la evaporación de la humedad del suelo y aumenta la capacidad de retención de la misma.
- ✓ Mantiene la temperatura del suelo.
- ✓ A pesar de que la materia orgánica del mulch tarda bastante tiempo en descomponerse, aumenta el contenido de materia orgánica del suelo (Sánchez, A. J. 1995).

j) Barreras vivas

Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso, siembras perpendicularmente a la pendiente, sembrando las plantas una cerca de la otra para formar una barrera continua. La función principal es reducir la velocidad del agua de escorrentía, y además actúa como filtros vivos, atrapando los sedimentos que lleva el agua que escurre sobre el suelo. Entre las principales ventajas de las barreras vivas se pueden mencionar:

- ✓ Aplicable a todos los sistemas agrícolas de ladera.
- ✓ Retiene la tierra deslavada.
- ✓ Soporta flujos de agua relativamente altos.
- ✓ Proporcionan mayor eficiencia en el control del escurrimiento superficial por la acción filtrante de la vegetación, misma que provoca la acumulación de tierra deslavada, de sedimentos y la formación de capas orgánicas.
- ✓ Reduce la velocidad de escurrimiento, se favorece la filtración de agua al subsuelo y el suelo almacena mayor humedad, de tal forma que se mejoran las condiciones para los cultivos.
- ✓ Se disminuyen las pérdidas de suelo, agua y nutrientes.
- ✓ Son sencillas, de simplicidad en el diseño y facilidad de mantenimiento.
- ✓ Los pastos, pueden ser aprovechados para la alimentación animal y la raíz como parte vegetativa para la reproducción y comercialización (Sánchez, A. J. 1995).

k) Acequias de ladera

Son estructuras en contra de la erosión hídrica para tierras escarpadas. Se pueden construir fácilmente en pendientes de terreno de 10 a 50 %. Su función es desviar y conducir el agua y proteger los bancos contra la erosión (Sánchez, A. J. 1995).

l) Barreras muertas

Estas son compuestas de material vegetal muerto como troncos de árboles, ramas y rastrojos de cosecha que se acordonan en contorno. En lugares donde la pedregosidad es abundante, se pueden utilizar piedras. Su función es la misma que la de las barreras vivas, es decir, reducir la velocidad del agua de escorrentía y actuar como filtro (Sánchez, A. J. 1995).

m) Diques de contención

El dique consiste en piedras pequeñas con las cuales se puede formar un gavión, envolviéndolas en una malla de alambre. Su función es formar obstáculos permeables que desvían el curso de agua fuera de la orilla de la corriente o río al mismo tiempo provocan la deposición de materiales en la orilla protegida (Sánchez, A. J. 1995).

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA ANFITRIONA

La práctica profesional se realizó en El Ingenio Magdalena, el cual está formado por una serie de entidades en los que comparten los mismos valores y objetivos basándose en sembrar honestidad, humildad y pasión por los logros teniendo como principios a: Dios, Familia, Trabajo y Sociedad. Teniendo como competencias: enfoque al cliente, innovación, liderazgo, enfoque en el mercado, aseguramiento en el desarrollo integral, comunicación efectiva, aseguramiento de la calidad y eficiencia y compromiso.

Dedicándose a la producción de caña de azúcar y sus derivados así también enfocándose a la diversificación de productos y a trascender fronteras con sus productos con el fin de obtener la rentabilidad y sostenibilidad de la empresa.

3. CONTEXTO DE LA PRÁCTICA

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD DE LA EMPRESA

Las prácticas se llevaron a cabo en la empresa Magdalena S.A, en la finca San Mauricio ubicada en el Parcelamiento Caballo Blanco del departamento de Retalhuleu, a una distancia de 216 kilómetros de la ciudad capital y a 24.2 de la cabecera departamental. Se encuentra ubicada a 91° 83´ 33´´ longitud oeste y 14° 48´ 33" latitud norte según el meridiano de Greenwich (Google earth, 2015).

La empresa de Magdalena S.A tiene 33 años de dedicarse a la producción de caña de azúcar, cuenta con 55,000 has de tierra cultivada en un 30% fincas que cuentan con pendientes de hasta un 15% de pendiente.

Su proceso de producción inicia desde la preparación de suelos hasta la cosecha y la elaboración de productos derivados de la misma, está constituida por diferentes mandos, dentro de los cuales esta:

3.1.1 Superintendente

Es la persona que tiene bajo su responsabilidad la dirección del personal administrativo y vela por la rentabilidad de los productos y servicios.

3.1.2 Gerente

En la empresa son un total de cuatro regiones y un gerente por cada una de ellas, lidera y coordina a las distintas administraciones para asegurar la rentabilidad, competitividad, continuidad y sustentabilidad de la empresa. Revisa y analiza los informes y resultados obtenidos de la producción de caña de azúcar.

3.1.3 Administrador

Es la persona encargada de la administración de la empresa, toma de decisiones y del manejo de la producción del cultivo, con el fin que los subproductos derivados generen una amplia rentabilidad a la empresa por medio de la calidad del producto.

3.1.4 Supervisor de labores

En ocasiones son asignados a una finca o labor en particular, es coordinado por jefe de zona y mayordomo, acompaña a los caporales en las labores de campo y vela por la calidad de las actividades.

3.1.5 Caporal

Se le asigna una labor en particular y grupos de entre 20 y 30 personas, dependiendo de la actividad a ejecutar, en la cadena de mando son los que tienen la relación más directa con los colaboradores, controla y corrige las labores en su ejecución.

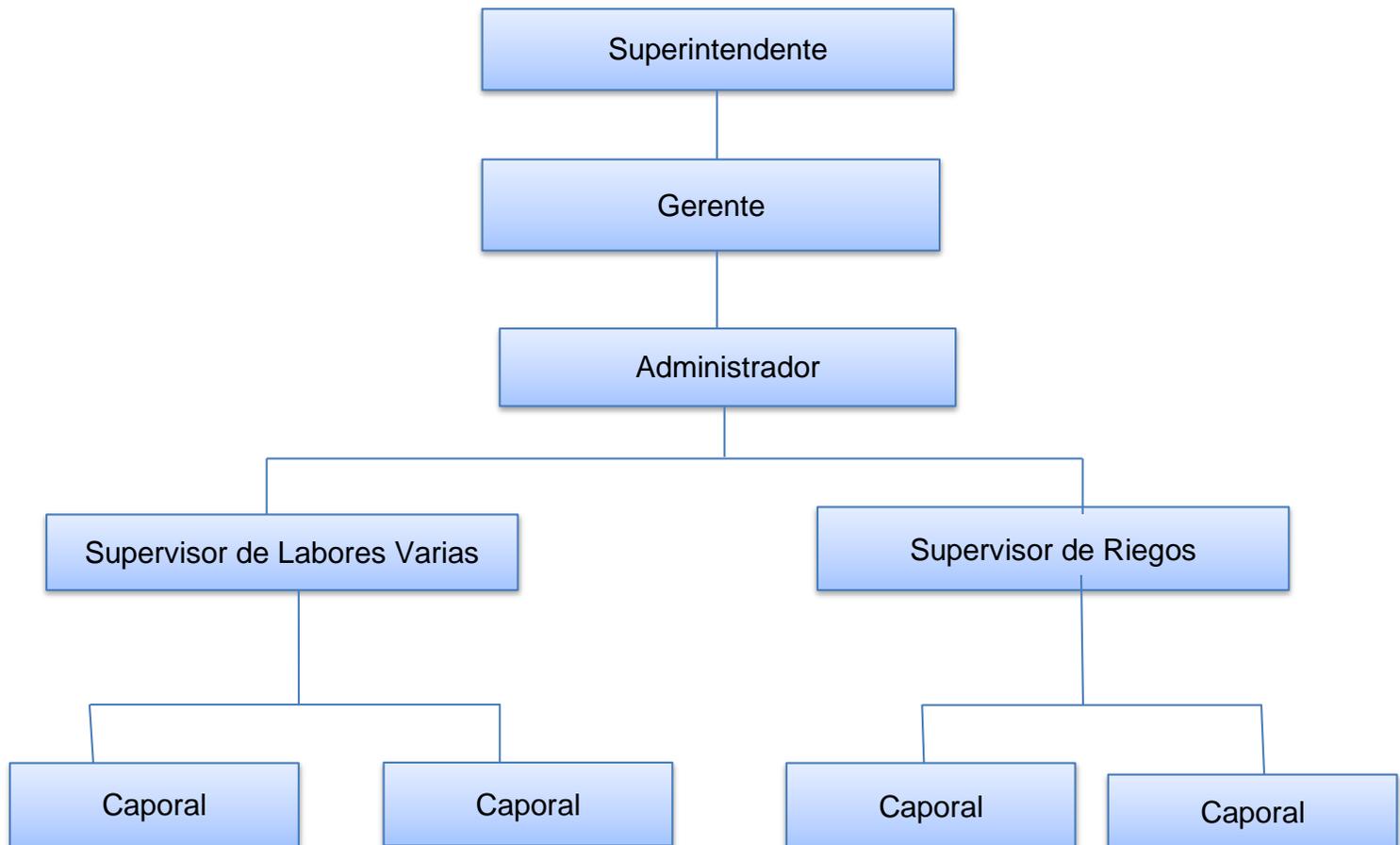


Figura 1: Organigrama de finca San Mauricio, Ingenio Magdalena (IMSA, 2014).

3.2 NECESIDAD EMPRESARIAL Y EJE DE SISTEMATIZACIÓN

En el proceso de explotación de las fincas con el cultivo de Caña de Azúcar, generalmente no se aplican técnicas de conservación de suelos, lo cual incide en que se presenten problemas de erosión; aunado a esto en fincas de Ingenio Magdalena se tiene que un 30% de su área tiene hasta un 15% de pendiente y se ve afectada por la erosión hídrica, ya que esto conlleva a la pérdida de la capa fértil de los suelos, con ello la pérdida de nutrientes y la producción tiende a disminuir, por lo que se tiene la necesidad de incrementar el uso de fertilizantes químicos para mantener la producción, y esta obligados en justificar que se está perdiendo la capa fértil del suelo con el transcurrir de los años, por la erosión hídrica debido a la falta de técnicas de conservación de suelos.

Por lo que durante la práctica profesional se apoyó en la medición de la erosión hídrica, ubicación de los lotes en diferentes pendientes de finca San Mauricio y con una planificación de manejo de conservación de suelos adaptadas al área de estudio.

Las leyes en Guatemala y la necesidad de adquirir nuevas certificaciones que le den un valor agregado al producto para obtener la sostenibilidad de la empresa, en su mayoría de exigencias establece que debemos de conservar nuestro medio ambiente y convivir con las comunidades vecinas, esto implica velar por evitar contaminar los ríos y que lleguen lo menor posible de sedimentos y el principal problema es la erosión hídrica la cual se encarga de trasladarlos a los ríos.

Es necesario estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica en finca San Mauricio, para justificar la implementación de alternativas para la conservación de los suelos y así hacer un uso racional de fertilizantes, y poder mantener la sostenibilidad de la empresa.

4. OBJETIVOS

4.1 GENERAL

Identificar y analizar el proceso de la erosión hídrica para proponer prácticas de conservación de suelos en finca San Mauricio, Retalhuleu.

4.2 ESPECÍFICOS

- Cuantificar la pérdida de suelo en áreas con pendientes del 5%, 10% y 15%, en finca San Mauricio, Retalhuleu.
- Determinar el porcentaje (%) de pendiente en 21 lotes de finca San Mauricio.
- Describir los factores involucrados en el proceso de la erosión hídrica, en finca San Mauricio.
- Proponer las prácticas de conservación de suelos más adecuadas para el área de estudio.

5. DESARROLLO DEL PLAN DE TRABAJO

5.1 PROGRAMA DE TRABAJO

El ensayo se realizó en el lote 0104 de finca San Mauricio, Retalhuleu, Ingenio Magdalena S.A. la cual cuenta con una extensión de 548.67 has.

Aforo de recipientes utilizados en el experimento y toma de datos

El aforo de los recipientes en los cuales se recaudó el agua de cada parcela y la toma de datos se realizó bajo cada evento de lluvia. Se lavó el canal que conduce el agua recolectada con agua del mismo recipiente para no alterar la muestra, una vez teniendo el total de sedimento erosionado se midió la altura en la cual se encontraba el espejo de agua en centímetros, luego se procedió a mezclar los sedimentos y el agua, la toma de la muestra se extrajo antes de cinco segundos para evitar la precipitación de las partículas de suelo.

Toma de muestra de agua con sedimentos é identificación

La muestra fue de un litro, identificada con: fecha, número de parcela, número de tonel, ubicación, centímetros del fondo del recipiente al espejo de agua; éstas muestras fueron enviadas al laboratorio de Cengicaña, específicamente al Instituto de Cambio climático –ICC-, que por el método de horno determinaron la cantidad de suelo perdido por cada evento de lluvia.

Determinación de datos climáticos

La estación meteorológica ubicada en dicha área se utilizó para determinar los factores climáticos que pudieran influir en la erosión.

Características de la siembra del cultivo

Se tomó en cuenta además, la dirección de surcos, cantidad de plantas por metro cuadrado, esto con el fin de hacer propuestas de conservación de suelos que ayuden a reducir la pérdida de suelo por erosión hídrica.

5.1.1 Parcelas de escurrimiento

Los materiales utilizados para la construcción de las parcelas de escurrimiento fueron:

- a. 6 rectángulos de nylon, cada uno con las siguientes dimensiones: 1.3 m (ancho) X 10.5 m (largo).
- b. 6 rectángulos de nylon, cada uno con las siguientes dimensiones: 1.3 m (ancho) X 8.0 m (largo).
- c. Un rollo de pita, se usó aproximadamente 240 metros.
- d. 230 estacas de 0.60 metros.

Metros y cinta métrica. Machetes, palas, azadones y piochas.

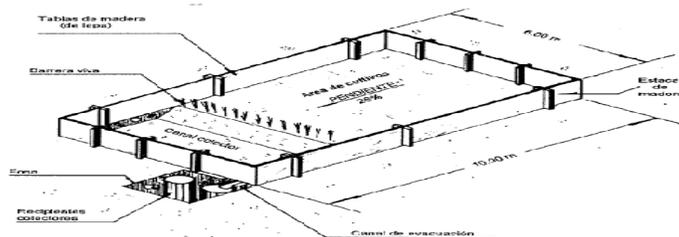


Figura 2. Parcelas de escurrimiento (Hudson, 1997).

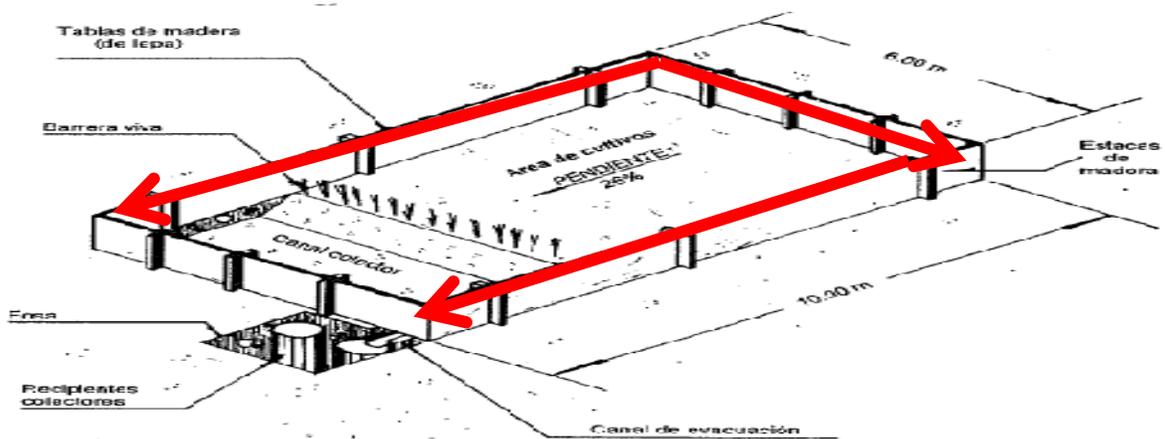


Figura 3. Bordes y canal revestidos de nylon (6 mm de grosor) (Hudson, 1997).

5.1.2 Parcelas de escorrentía (finca San Mauricio)

Características de las parcelas utilizadas en el estudio

- De acuerdo a los datos de la estación meteorológica Xolota (finales 2,013 a 2,015) y al percentil 95 de las mismas, se tiene que por cada parcela se necesitan 2 toneles. Un total para las tres parcelas de 6 toneles plásticos de 204 litros de capacidad.
- Se necesitaron 5 rectángulos de nylon de 3 m (ancho) X 2 m (largo).
- Cuatro (04) varas de bambú de 3.5 m de largo.
- Botellas plásticas de un litro de capacidad.

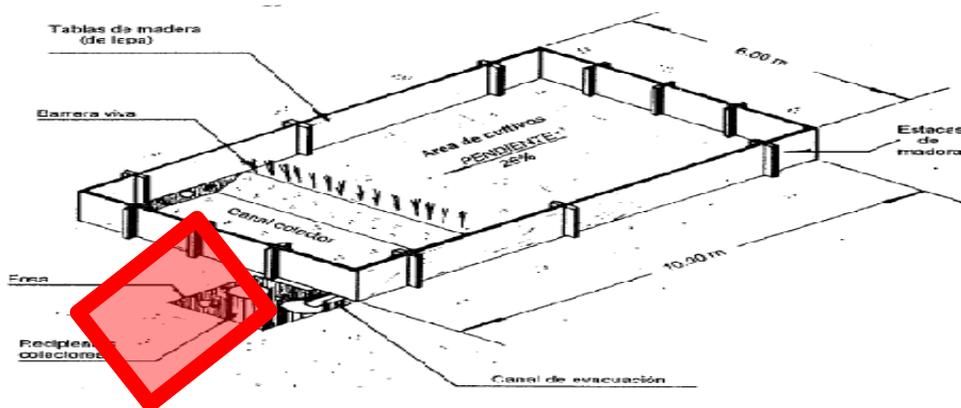


Figura 4. Recipientes colectores (Toneles de 204 litros de capacidad)

5.1.3 Ficha técnica

Esta sirvió para identificar cada una de las muestras tomadas en las parcelas instaladas en finca San Mauricio.

Cuadro 2. Identificación de muestras tomadas en campo (Guzmán, 2,016)

Fecha:	
Número de parcela:	
Número de tonel:	
Altura del espejo del agua:	

5.2 INDICADORES DE RESULTADOS

- *Pendiente del terreno, medida en porcentaje.*
Estimación de la pendiente en 21 lotes de finca San Mauricio, para determinar las pendientes más representativas en la finca con el fin de establecer tres parcelas de escorrentía.
- *Toneladas de suelo por hectárea por año.*
Estimación de la erosión hídrica en tres parcelas de escorrentía, con la pendiente más representativa obtenidas en la estimación de los 21 lotes de finca San Mauricio.
- *Enumerar y describir los Factores que inciden en la erosión hídrica.*
Describir los factores involucrados en la erosión hídrica en las tres parcelas de escorrentía.
- *Prácticas de conservación de suelo*

Determinar las prácticas de conservación de suelos más adecuadas al área de estudio según el porcentaje de pendiente y la pérdida de suelo por erosión hídrica.

5.3 CRONOGRAMA DE TRABAJO Y SU DESCRIPCIÓN

Cuadro 3: Cronograma de actividades a realizar en la Sistematización de Práctica Profesional, inicio 01-7-2,016 al 31-12-2,016.

Actividad	#. Semana																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Observación	x	x																						
Entrevistas personales			x																					
caminamiento de finca				x	x																			
adquisición de materiales						x																		
elaboración de parcelas.							x	x																
Toma de muestras									x	x	x	x	x	x	x	x	x	x						
análisis de muestras										x	x	x	x	x	x	x	x	x						
sistematización de resultados																					x	x	x	x

5.3.1 Observación

Esta fase consistió en el reconocimiento de la empresa a través del recorrido y la observación de las labores que se realizan, esta fase fué muy importante para conocer el desarrollo de las actividades y los posibles errores que se pueden cometer dentro de la ejecución de las labores.

5.3.2 Entrevistas personales

Las personas fueron elegidas al azar entre los colaboradores en cada una de las áreas de trabajo, se realizó con el fin de obtener la opinión de los trabajadores y evaluar el grado de dificultad que encuentra en las labores diarias, si las herramientas que se utilizan son las adecuadas y la conformidad con la que ellos están laborando en la institución.

5.3.3 Fase de campo

Se procedió a realizar un recorrido con el administrador de la finca para determinar los puntos en los cuales se debían instalar las parcelas de escorrentía, se procedió a adquirir los materiales necesarios a lo bodega de la empresa. La elaboración de las

parcelas se realizó con mano de obra de la finca, una vez elaboradas se procedió a tomar las muestras bajo cada evento de lluvia para cuantificar la erosión en dicha área.

Se midió el porcentaje de pendiente de 21 lotes de finca San Mauricio, con la ayuda de un clinómetro.

5.3.4 Fase administrativa

En esta fase, se sistematizaron los datos obtenidos de las muestras tomadas en campo.

Día	Mes	Pp	Parcela	Tonel	Area de ton (m2)	Altura de esp de agua (m)	Escorren tonel (m3)	Escorren (m3/ha.)	Volumen mues (m3)	Peso papel fi filtro (gr)	Peso papel filtro sedimentos (gr)	Peso sediment (gr/muestra)	Peso de sedimen por tonel (Kg)	Erosión (Tn/ha)

Sistematización de datos

En la fase administrativa se cotejaron los datos obtenidos en la medición de la erosión hídrica con el fin de crear escenarios para determinar la pérdida de suelo de cada una de las pendientes obtenidas en la medición.

Utilizando la formula:

$$\text{Erosión (T/ha)} = \frac{\text{kg sedimentos}}{\text{Área parcela (m}^2\text{)}} \times \frac{10,000\text{m}^2}{1\text{ha}} \times \frac{1\text{Ton}}{1,000 \text{ kg}} = \text{T/ha}$$

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 EROSIÓN HÍDRICA EN t/ha.

Se cuantificó la erosión Hídrica, a través del método de parcelas de escurrimiento en diferentes pendientes del terreno 0 a 5, 6 a 10 y 11 a 15%, cuyos resultados en promedio se presentan en el cuadro 4. Datos correspondientes a la época lluviosa del año 2,016 de finca San Mauricio, Caballo Blanco, Retalhuleu.

El registro fue tomado de 34 eventos de lluvia, en cada una de las parcelas, ver detalle en anexo.

Cuadro 4 Erosión hídrica, en Ton/ha, finca San Mauricio, Caballo Blanco, Retalhuleu. Año 2016.

PORCENTAJE DE PENDIENTE	CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN (t/ha) (Promedio de 21 lotes)
Menor que 5%	0.33
Entre 5 y 10%	0.40
Entre 11 a 15%	0.58

Se puede observar que en las parcelas que tienen menor pendiente la pérdida de suelo por erosión hídrica es menor; en relación a los otros porcentajes, como es de esperarse, es decir que la pérdida de suelo determinada fue directamente proporcional a la pendiente.

Se puede acotar que aunque los terrenos tengan pendientes mínimas; es decir en rangos de 0 a 5%; siempre ocurre pérdida de suelo; por lo que independientemente del grado de inclinación que éstos tengan, siempre será recomendable establecer alguna práctica de conservación del suelo.

Según el estudio realizado por Motta Franco (1999: Pág. 53 y 54) se comparó la erosión hídrica con dos sistemas de cobertura, siendo estos pasto y cultivo de coliflor. En cuanto a la cantidad de suelo erosionado, la cobertura de pasto fue la que redujo grandemente este valor, con datos desde 1.07 hasta 7.027 ton/ha-año. Con la cobertura de coliflor se provocan las mayores pérdidas de suelo, que van desde 31.63

hasta 66.04 ton/ha-año. Tomando en cuenta este estudio realizado se observa que las pérdidas de suelo en finca San Mauricio van de 0.33 hasta 0.58 ton/ha-año siendo estas pérdidas bajas relacionadas con dos tipos de coberturas tomando en cuenta que las pérdidas de suelo están relacionadas a mayor pendiente mayor erosión.

La asociación Nacional del Café (ANACAFE, s.f.) encontró que la cantidad de suelo erosionado varia de 22.50 a 30 ton/ha-año siendo la perdida directamente proporcional al grado de pendiente a mayor pendiente mayor escurrimiento, comparando las pérdidas de suelo cuantificadas en Finca San Mauricio, se puede decir que son bajas pero debemos de tomar en cuenta que a una mayor pendiente la perdida de suelo incrementara, por esto es de suma importancia dichos estudios para tomar medidas en el tema de conservación de suelos.

6.2 PENDIENTE DE LOS LOTES MEDIDA EN PORCENTAJE

Como parte del estudio de sistematización de la problemática en finca San Mauricio, se determinaron las pendientes de los diferentes lotes; para luego poder agruparlos en rangos, como ya se indicó.

Los datos se consignan en el cuadro 5; conjuntamente con el área física de cada lote, lo que nos hace tener un panorama más claro de la problemática de la erosión, aunque pareciera que en pendientes suaves no existiera pérdida de suelo; sin embargo, en el cuadro 4, se presentó que para pendientes entre los rangos de hasta 15%, la erosión o pérdida de suelo varía entre 0.33 y .50 t/ha.

En el cuadro 5, se puede apreciar también que los lotes oscilan entre 14 y 47 hectáreas de terreno aproximadamente, cuyas pendientes van entre 2 y 15%.

Cuadro 5 Pendiente de los diferentes lotes en estudio medida en porcentaje, con su respectiva área en hectáreas, finca San Mauricio, Caballo Blanco, Retalhuleu. Año 2016.

NÚMERO DE LOTE	ÁREA EN HA	PENDIENTE PROMEDIO (%)
01 01	25.88 has	3.4
01 02	26.75has	3.6
01 03	19.77has	15.2
01 04	19.40 has	12.5
01 05	24.16 has	6.3
01 06	30.89 has	5.7
01 07	21.05 has	7.5
01 08	25.62 has	7.8
01 09	39.62 has	10.3
02 01	14.44 has	4.3
02 02	47.63 has	3.7
02 03	40.82 has	3.4
02 04	28.45 has	4.1
02 05	31.79 has	3.8
02 06	21.27 has	3.2
02 07	17.18 has	2.6
02 08	30.71 has	2.9
02 09	24.41 has	3.2
02 10	14.40 has	3.3
02 11	24.09 has	2.8
02 12	20.35 has	2.9

De aquí se eligieron los lugares más representativos para poder establecer las parcelas de escurrimiento que sirvieron para la cuantificación de la erosión hídrica.

6.3 FACTORES QUE INTERVIENEN EN LA EROSIÓN HÍDRICA

Otro de los objetivos de la sistematización fue la determinación de los factores que intervienen en la erosión hídrica, específicamente en la finca San Mauricio. Entre ellos se pueden mencionar el suelo, la topografía, el clima y la vegetación o cobertura vegetal.

En el cuadro 6, se enumeran una serie de características de cada uno de los factores, que de una u otra forma inciden de forma directa o indirecta en provocar pérdida de suelo en la citada finca.

Particularmente en finca San Mauricio, el suelo, como factor que incide en la erosión; posee una profundidad promedio de 0.8 m; que lo hace poco susceptible a la erosión; su pedregosidad es casi cero, esto lo hace relativamente susceptible a erosionarse; su textura es franco arcillosa, también lo hace menos susceptible, alta porosidad pero de micro poros y su estructura es prismática, poco susceptible a la erosión. Finalmente posee un alto contenido de materia orgánica, lo que lo hace menos vulnerable a ser erosionado.

Con relación a la pendiente del terreno; en las parcelas o lotes seleccionadas, ésta no sobrepasa de 15%; el cual fue el límite para realizar el presente estudio; suelos con éste porcentaje de pendiente, se consideran ya con cierto riesgo de erosionarse por lo que se debe considerar el realizar algún tipo de práctica de conservación de suelo; principalmente a manera de prevención.

Relacionado con la vegetación, en ésta finca el suelo está cubierto por el cultivo de la caña de azúcar, en aproximadamente el 80% del año; el que brinda algún tipo de cobertura; sin embargo, la mayoría de pérdida de suelo ocurre cuando se está en proceso de preparación, así también en la etapa temprana del cultivo.

Con relación a la precipitación pluvial, el terreno de la finca es más vulnerable cuando se establece la época de lluvia; aunque también existe erosión cuando se hacen los riegos; aunque es en menor escala.

En resumen, se puede resaltar que la erosión será mayor en la medida que un suelo sea más superficial, de textura arenosa, poros muy grandes y bajo contenido de materia orgánica.

Así también en la medida que la longitud de la pendiente sea mayor, como su grado; va a existir una mayor erosión; ya que se comporta directamente proporcional al tamaño de éstos factores.

Con respecto a la vegetación; se espera que un suelo con cobertura, sea menos propenso a sufrir erosión. Sumándole el factor clima, y su componente precipitación pluvial, considerando que al aumentar éste, mayor será la posibilidad de que ocurra erosión del suelo.

Cuadro 6. Factores que intervienen en la erosión hídrica, finca San Mauricio, Caballo Blanco, Retalhuleu. Año 2,016.

FACTOR	CARACTERÍSTICA
SUELO	Profundidad Pedregosidad Textura Porosidad. Densidad aparente y Real Estructura Materia Orgánica
TOPOGRAFÍA	Pendiente Longitud de la pendiente. Grado de la pendiente
VEGETACIÓN	Tipo de cobertura actual
CLIMA	Precipitación pluvial Temperatura Humedad relativa Evaporación

(Sánchez, A. J. 1995)

6.4 PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

Para contrarrestar la pérdida del suelo ocasionada por el agua, existen una serie de prácticas de conservación de suelos, tanto agronómicas como mecánicas, las cuales se utilizan de acuerdo con el nivel de inclinación del suelo o pendiente; así también del clima imperante en cada lugar y la disponibilidad de recursos con que cuente la unidad de práctica. En el cuadro 7, se presentan una serie de prácticas de

conservación del suelo que se pueden utilizar en finca San Mauricio, atendiendo a las diferentes pendientes de los lotes y de la disponibilidad de recursos del área.

Cuadro 7 Prácticas de conservación de suelos recomendables para el área de estudio, según pendiente del terreno, finca San Mauricio, Caballo Blanco, Retalhuleu. Año 2016.

PENDIENTE	PRACTICA DE CONSERVACIÓN DE SUELO	Según la zona
Hasta 5%	Curvas a nivel o a desnivel. Siembra en surcos en contorno Aplicación de materia orgánica Uso de mulch Siembra de barreras vivas Acequias de ladera Barreras muertas	Mismo rastrojo de caña Pasto adaptado Piedra (áreas críticas)
Entre 6 y 10%	Igual que para 5%. Diques de contención.	Gaviones (áreas críticas)
Entre 11 y 15%	Igual que para 5%. Diques de contención.	Gaviones (áreas críticas)

En pendientes de hasta 5%, siempre es aconsejable que se incluya dentro del manejo técnico, alguna de las prácticas indicadas; ya que siempre va a existir pérdida de suelo; principalmente en el periodo de tiempo en el que el cultivo de caña de azúcar se encuentra en sus primeras fases de crecimiento; donde el suelo está descubierto en más del 50% del área sembrada.

En caña de azúcar, es recomendable dejar el rastrojo luego de la cosecha; este sirve como una cobertura de mulch. En caso de eliminarse el mulch por facilidad en la práctica de mecanización agrícola, necesaria para una siembra nueva, es aconsejable que se tracen curvas a nivel y poder realizar la siembra en contorno; esto contribuirá a minimizar la pérdida de suelo. Así también se pueden hacer algún tipo de siembra de alguna barrera viva, que además podría servir como una delimitación de los diferentes lotes dentro de la finca.

El caso de las barreras muertas podría incluirse, siempre que no obstaculicen el proceso de la mecanización agrícola. En los lotes con mayor porcentaje de pendiente,

puede realizarse algún tipo de acequia para poder conducir la escorrentía, que en algún momento podría convertirse en una cárcava y provocar un daño mayor y por ende una mayor erosión del suelo.

7. CONCLUSIONES

Luego de finalizada la sistematización de la información relacionada con la determinación de la erosión hídrica, para proponer prácticas de conservación de suelos en finca San Mauricio, se llega a las siguientes conclusiones.

1. La cantidad de suelo perdido en los lotes con 5% de pendiente fue de 0.33 toneladas; en pendientes entre 6 y 10% de 0.40 toneladas y entre 11 y 15% fue de 0.58 toneladas por hectárea. Datos de utilidad para la implementación de prácticas de conservación de suelos.
2. La pendiente de los diferentes lotes sujetos de estudio se agruparon en tres categorías, hasta 5% agrupando 368.17 hectáreas para un 67% del área en estudio; entre 6 y 10%, fueron 101.72 hectáreas, equivalente a 18.5% del área y entre 11 y 15% fueron 78.79 hectáreas, haciendo un 14.5% del área total, cuyos datos se pueden extraer del cuadro 5, del presente estudio.
3. Los principales factores que incidieron en la erosión hídrica en los lotes de estudio fueron: alta precipitación pluvial (1,217.8 mm/año, distribuidos en poco tiempo), pendientes de hasta 15% y poca vegetación o cobertura vegetal, en tiempo de preparación del suelo y etapa temprana del cultivo.
4. Para los rangos de pendientes en estudio menor a 5, entre 6-10 y entre 11-15%; se pueden utilizar cualquiera de las siguientes prácticas: curvas a nivel, Siembra de surcos de caña en contorno, uso de mulch, siembra de barreras vivas, implementación de barreras muertas. Acequias de ladera, para lotes ubicados en el último rango.

8. RECOMENDACIONES

- Luego de finalizado el estudio de la determinación de la erosión hídrica y el estudio de pendientes de los diferentes lotes de la finca San Mauricio, Caballo Blanco, Retalhuleu; en los suelos sembrados con caña de azúcar, se recomiendan realizar las siguientes prácticas de conservación de suelos, de la siguiente manera:

En pendientes de 5%:

Curvas a nivel o a desnivel.

Siembra de surcos de caña en contorno.

Uso de mulch (residuo de la misma caña de azúcar).

Siembra de barreras vivas, con cultivos adaptados a la zona (*Ananas* sp, *Panicum* sp.).

Implementación de barreras muertas de acuerdo a los materiales en la finca (ej. piedras).

Acequias de ladera, para evacuar el agua de escorrentía.

En pendientes de 10 y 15%:

Las mismas prácticas de conservación, solo que si fuera necesario implementar la construcción de diques de contención, para poder conducir el agua de escorrentía.

9. BIBLIOGRAFÍAS

- Castro, O. (2010). La variabilidad de la radiación solar en la superficie terrestre y sus efectos en la producción de caña de azúcar en Guatemala. En: Memoria. Presentación de Resultados de investigación. Zafra 2009-2010. Guatemala, Cengicaña. pp. 281-287.
- CENGICAÑA (Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, GT). (1996). Estudio semi-detallado de suelos de la zona cañera guatemalteca. (en línea). Guatemala. Disponible en [http://www.cengicana.org/es/mapas-zona-canera/Mapas/Suelos/Estudios-de-Suelos/Estudio-Semidetallado-de-Suelos-\(VD002\)/](http://www.cengicana.org/es/mapas-zona-canera/Mapas/Suelos/Estudios-de-Suelos/Estudio-Semidetallado-de-Suelos-(VD002)/)
- CENGICAÑA (2012). El cultivo de la caña de azúcar en Guatemala. Guatemala.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical, Colombia); PASALAC (Programa para la Agricultura Sostenible en Ladera de América Central, AM); UNA (Universidad Nacional Agraria, Nicaragua). (2005). Manual de métodos sencillos para estimar erosión hídrica. Nicaragua: FARENA (Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente de la Universidad Nacional Agraria).
- Escalante, S. (2005). La medición de sedimentos en México. Tabasco, México: IMTA-UJAT.
- FAO, IT. (1997). Capacitación sobre el manejo y conservación de suelos. Nigeria: IITA.
- Guzmán, I. (2012). Análisis técnico sobre los usos, tenencia y estado de las tierras para definir las modalidades de conservación: componente conservación. Perú: Sernanp.
- <https://es.wikipedia.org/wiki/Suelo> Consultado el 23 de junio de 2017. Disponible en https://es.wikipedia.org/wiki/Suelo#Formaci.C3.B3n_del_suelo
- Hudson, N. (1982). Conservación de suelos. España: Reverté. p. 126
- Ingenio Magdalena, Sociedad Anónima. –IMSA- (2014). Área Administrativa
- INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, AR). (2010). Agricultura sustentable 2010: actualización técnica. Argentina: INTA, Centro Regional Entre Ríos.
- MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, GT). (2009). Informe ambiental del estado: GEO Guatemala. Guatemala: MARN.

- Morgan, R. (1997). Erosión y conservación del suelo. Barcelona, España: Aedos.
- Prieto Bolivar, C.J. (2004). El agua: sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación. Bogotá, Colombia: ECOE.
- Núñez Solís, J. (2001). Manejo y conservación de suelos. San José, Costa Rica: EUNED.
- Rafaelli, S; López, FB; Almorox, AJ. (2010). La degradación de los suelos por erosión hídrica: métodos de estimación. España: Editum.
- Rivera Trejo, F; Gutiérrez López, A; Val Segura, R; Mejía Zermeño, R; Sánchez Ruiz, PA; Aparicio Mijares, J. (2005). La medición de sedimentos en México. México: IMTA.
- Saguil Barrera, JL. (1995). Evaluación de tres prácticas de conservación de suelo y agua, en dos sistemas tradicionales de cultivo en asocio, en Buena Vista, Quesada, Jutiapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala: USAC, Facultad de Agronomía.
- SANCHEZ, A. J. 1995. Conservación de Suelos y Agua. Universidad Rafael Landivar, Guatemala.
- Santos Pérez, A. (2014). Estudio de la erosión hídrica en la parte alta de la zona cañera, microcuenca los Sujuyes, Diagnóstico y servicios en el Instituto Privado de Investigación sobre cambio climático –ICC- , Santa Lucía Cotzumalguapa, Escuintla, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala USAC, Facultad de Agronomía.
- Motta Franco (1999). Comparación de la erosión hídrica con dos sistemas de cobertura, pasto y cultivo de coliflor. (pp.53 y 54)
- (ANACAFE)] Estudio realizado sobre erosión hídrica llevado a cabo en una finca de café (ANACAFE, s/f).

10. ANEXOS

10.1 Localización

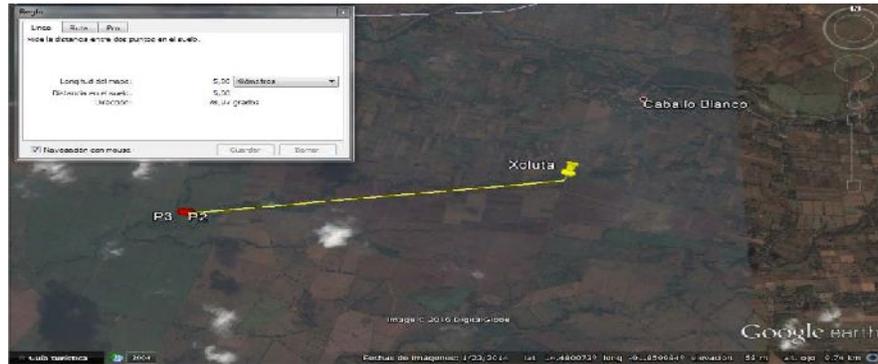


Figura 5. Ruta del Parcelamiento caballo blanco a finca San Mauricio. (Google 2,015)



Figura 6. Muestra la ubicación y un plano de la finca, resaltando el lote (630-02-08), donde se encontrarán los puntos de biometría. (Google 2,015; finca San Mauricio 2,015).

10.2 Mapa finca San Mauricio, Retalhuleu.

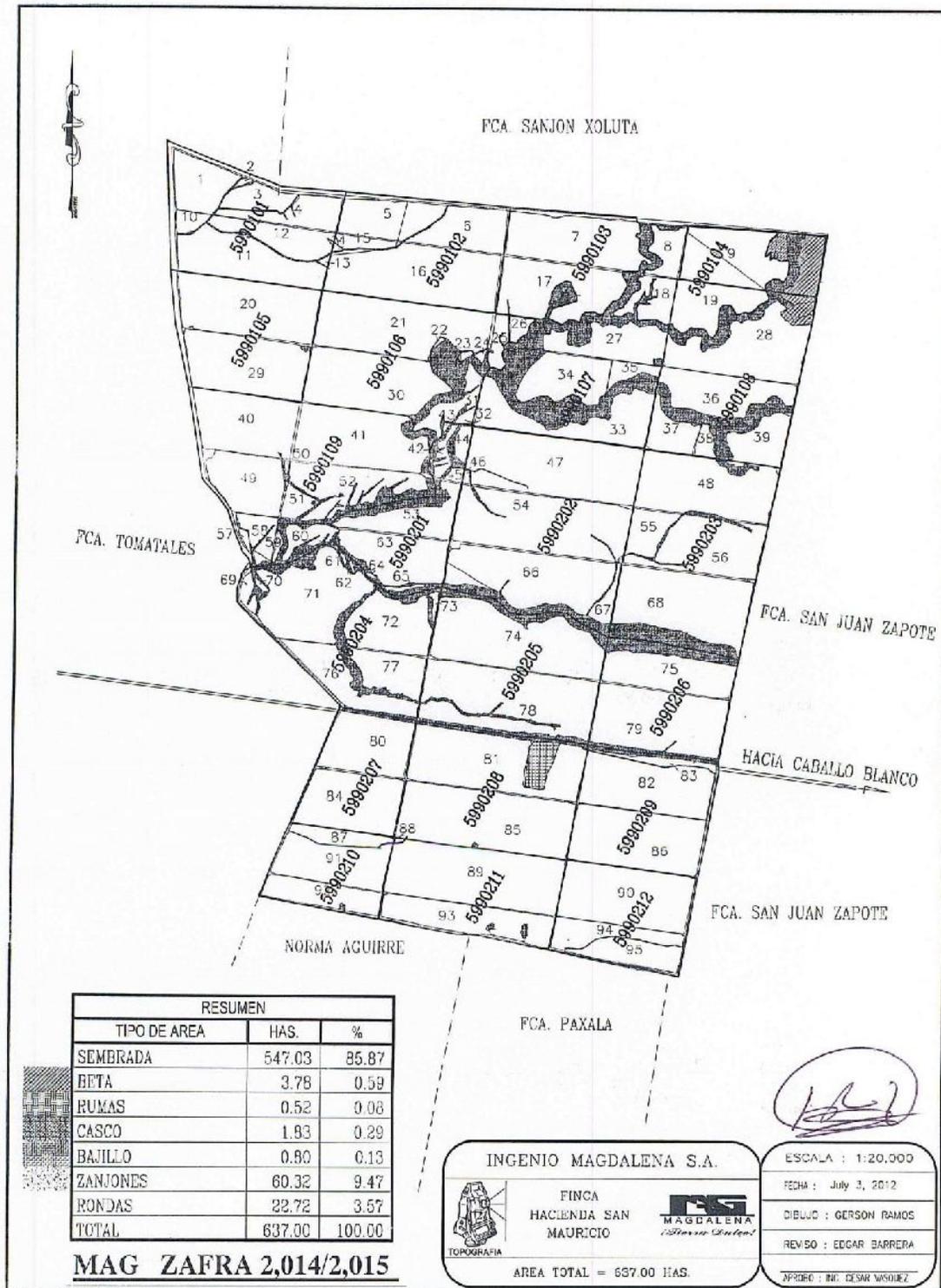


Figura 7. Mapa de finca San Mauricio, Ingenio Magdalena (Zafra 2014/2015).



Figura 8. Canal de escurrimiento finca San Mauricio, Ingenio Magdalena.

Fuente: El autor

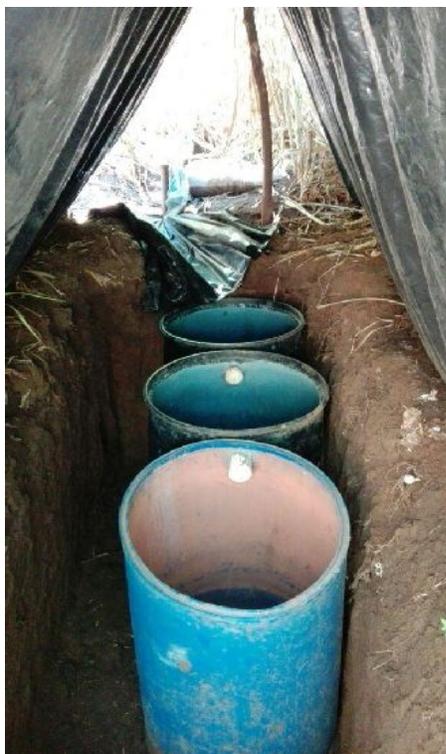


Figura 9. Toneles recolectores de la escorrentía, bajo el nivel del suelo y protegidos evitar contaminación, en cada parcela, finca San Mauricio, Ingenio Magdalena (Zafra 2014/2015).

Fuente: El autor



Figura 10. Protección de los toneles para evitar contaminación, en cada parcela de escorrentía, finca San Mauricio, Ingenio Magdalena (Zafra 2014/2015).

Fuente: El autor

Día	Mes	Parcela	Tonel	Área de tonel (m2)	Altura espejo de agua (m)	Escorrentía Tonel (m3)	Escorrentía m3/Ha.	Volumen Muestra (m3)	Peso Papel Filtro (gr)	Peso Papel filtro + Sedimentos (gr)	Peso Sedimentos (gr/muestra)	Peso Sedimentos por tonel (kg)	Erosión (Tn/Ha)	% pend
13	7	1	1	0.255176	0.01	0.002552	0.340234	0.00102	2.6	8.97	6.37	0.015936	0.002124	5
13	7	2	1	0.255176	0.015	0.003828	0.510352	0.00104	2.71	8.45	5.74	0.021126	0.002816	10
13	7	3	1	0.255176	0.02	0.005104	0.680469	0.00106	2.64	7.2	4.56	0.021955	0.002927	15
14	7	3	1	0.255176	0.15	0.038276	5.103517	0.00106	2.49	7.09	4.6	0.166105	0.022142	5
14	7	2	1	0.255176	0.19	0.048483	6.464455	0.00102	2.48	8.81	6.33	0.300882	0.040108	10
14	7	1	1	0.255176	0.16	0.040828	5.443752	0.00108	2.67	16.89	14.22	0.53757	0.071658	15
16	7	1	1	0.255176	0.03	0.007655	1.020703	0.0011	2.38	7.22	4.84	0.033683	0.00449	5
16	7	2	1	0.255176	0.02	0.005104	0.680469	0.001	2.42	9.55	7.13	0.036388	0.004851	10
16	7	3	1	0.255176	0.04	0.010207	1.360938	0.00023	2.4	3.25	0.85	0.037722	0.005028	15
17	7	1	1	0.255176	0.16	0.040828	5.443752	0.00102	2.39	4.8	2.41	0.096466	0.012859	5
17	7	2	1	0.255176	0.16	0.040828	5.443752	0.00102	2.69	5.98	3.29	0.131691	0.017554	10
17	7	3	1	0.255176	0.18	0.045932	6.124221	0.00103	2.36	4.18	1.82	0.081161	0.010819	15
20	7	1	1	0.255176	0.11	0.028069	3.742579	0.00105	2.59	4.61	2.02	0.054	0.007198	5
20	7	2	1	0.255176	0.13	0.033173	4.423048	0.00103	2.55	4.68	2.13	0.0686	0.009144	10
20	7	3	1	0.255176	0.1	0.025518	3.402345	0.00106	2.37	5.59	3.22	0.077516	0.010333	15
25	7	1	1	0.255176	0.01	0.002552	0.340234	0.00105	2.49	6.05	3.56	0.008652	0.001153	5
25	7	2	1	0.255176	0.03	0.007655	1.020703	0.00105	2.68	5.27	2.59	0.018883	0.002517	10
25	7	3	1	0.255176	0.03	0.007655	1.020703	0.00102	2.56	3.77	1.21	0.009081	0.001211	15
27	7	1	1	0.255176	0.47	0.119933	15.99102	0.0011	2.45	5.53	3.08	0.335811	0.044764	5
27	7	2	1	0.255176	0.63	0.160761	21.43477	0.00109	2.44	6.08	3.64	0.536853	0.071562	10
27	7	3	1	0.255176	0.39	0.099519	13.26914	0.00025	2.41	3.66	1.25	0.497593	0.066329	15
30	7	1	1	0.255176	0.32	0.081656	10.8875	0.0002	2.58	3.34	0.76	0.310294	0.041362	5
30	7	2	1	0.255176	0.6	0.153106	20.41407	0.00106	2.46	2.586	0.126	0.018199	0.002426	10
30	7	3	1	0.255176	0.3	0.076553	10.20703	0.0002	2.41	3.65	1.24	0.474627	0.063268	15

Cuadro No. 8. Cuadro de resultados del mes de julio finca San Mauricio, Ingenio Magdalena (Zafra 2014/2015). Fuente: El autor

6	8	1	1	0.255176	0.03	0.007655	1.020703	0.00105	2.47	6.05	3.58	0.026101	0.003479	5
6	8	2	1	0.255176	0.01	0.002552	0.340234	0.00098	2.44	14.79	12.35	0.032157	0.004287	10
6	8	3	1	0.255176	0.05	0.012759	1.701172	0.00105	2.41	6.84	4.43	0.05383	0.007176	15
10	8	1	1	0.255176	0.2	0.051035	6.80469	0.00016	2.46	2.88	0.42	0.133967	0.017858	5
10	8	2	1	0.255176	0.33	0.084208	11.22774	0.00015	2.46	2.85	0.39	0.218941	0.029185	10
10	8	3	1	0.255176	0.25	0.063794	8.505862	0.00021	2.49	3.49	1	0.303781	0.040494	15
15	8	1	1	0.255176	0.26	0.066346	8.846097	0.00016	2.44	2.67	0.23	0.095372	0.012713	5
15	8	2	1	0.255176	0.21	0.053587	7.144924	0.00023	2.43	3.27	0.84	0.195709	0.026088	10
15	8	3	1	0.255176	0.41	0.104622	13.94961	0.00015	2.5	3.05	0.55	0.383614	0.051136	15
16	8	1	1	0.255176	0.36	0.091863	12.24844	0.0001	2.46	2.568	0.108	0.099212	0.013225	5
16	8	2	1	0.255176	0.42	0.107174	14.28985	0.00106	2.46	5.37	2.91	0.294223	0.03922	10
16	8	3	1	0.255176	0.67	0.170968	22.79571	0.00104	2.35	5.89	3.54	0.581948	0.077574	15
17	8	1	1	0.255176	0.06	0.015311	2.041407	0.00028	2.51	2.74	0.23	0.012577	0.001676	5
17	8	2	1	0.255176	0.05	0.012759	1.701172	0.00025	2.46	2.77	0.31	0.015821	0.002109	10
17	8	3	1	0.255176	0.04	0.010207	1.360938	0.00016	2.46	3.74	1.28	0.081656	0.010885	15
22	8	1	1	0.255176	0.07	4.59E-05	0.006124	0.00018	2.44	2.74	0.3	7.66E-05	1.02E-05	5
22	8	2	1	0.255176	0.08	4.59E-05	0.006124	0.00018	2.44	2.74	0.3	7.66E-05	1.02E-05	10
22	8	3	1	0.255176	0.03	4.34E-05	0.005784	0.00017	2.47	3.3	0.83	0.000212	2.82E-05	15
29	8	1	1	0.255176	0.11	0.028069	3.742579	0.00023	2.47	2.69	0.22	0.026849	0.003579	5
29	8	2	1	0.255176	0.06	0.015311	2.041407	0.00027	2.48	3.31	0.83	0.047066	0.006274	10
29	8	3	1	0.255176	0.09	0.022966	3.06211	0.00016	2.46	2.8	0.34	0.048802	0.006505	15

Cuadro No. 9. Cuadro de resultados del mes de agosto finca San Mauricio, Ingenio Magdalena (Zafra 2014/2015). Fuente: El autor

1	9	1	1	0.255176	0.2	0.051035	6.80469	0.00103	2.68	4.27	1.59	0.078782	0.010502	5
1	9	2	1	0.255176	0.18	0.045932	6.124221	0.00102	2.7	4.81	2.11	0.095015	0.012666	10
1	9	3	1	0.255176	0.32	0.081656	10.8875	0.00105	2.37	4.29	1.92	0.149314	0.019904	15
3	9	1	1	0.255176	0.05	0.012759	1.701172	0.00104	2.45	3.27	0.82	0.01006	0.001341	5
3	9	2	1	0.255176	0.06	0.015311	2.041407	0.00105	2.68	3.83	1.15	0.016769	0.002235	10
3	9	3	1	0.255176	0.04	0.010207	1.360938	0.00106	2.68	4.47	1.79	0.017236	0.002298	15
7	9	1	1	0.255176	0.05	0.012759	1.701172	0.00105	2.72	4.04	1.32	0.01604	0.002138	5
7	9	2	1	0.255176	0.03	0.007655	1.020703	0.00102	2.73	5.24	2.51	0.018838	0.002511	10
7	9	3	1	0.255176	0.06	0.015311	2.041407	0.00101	2.68	3.96	1.28	0.019403	0.002586	15
11	9	1	1	0.255176	0.02	4.85E-05	0.006464	0.00019	2.46	2.66	0.2	5.1E-05	6.8E-06	5
11	9	2	1	0.255176	0.07	3.83E-05	0.005104	0.00015	2.26	2.56	0.3	7.66E-05	1.02E-05	10
11	9	3	1	0.255176	0.03	4.85E-05	0.006464	0.00019	2.44	2.78	0.34	8.68E-05	1.16E-05	15
13	9	1	1	0.255176	0.09	0.022966	3.06211	0.00021	2.48	2.69	0.21	0.022966	0.003061	5
13	9	2	1	0.255176	0.07	0.017862	2.381641	0.00019	2.49	2.81	0.32	0.030084	0.00401	10
13	9	3	1	0.255176	0.05	0.012759	1.701172	0.00016	2.45	2.98	0.53	0.042264	0.005634	15
21	9	1	1	0.255176	0.04	0.010207	1.360938	0.0002	2.35	2.39	0.04	0.002041	0.000272	5
21	9	2	1	0.255176	0.05	0.012759	1.701172	0.00019	2.47	2.6	0.13	0.00873	0.001164	10
21	9	3	1	0.255176	0.05	0.012759	1.701172	0.00018	2.34	3.38	1.04	0.073717	0.009827	15
22	9	1	1	0.255176	0.05	3.83E-05	0.005104	0.00015	2.25	2.74	0.49	0.000125	1.67E-05	5
22	9	2	1	0.255176	0.06	3.83E-05	0.005104	0.00015	2.26	3.67	1.41	0.00036	4.8E-05	10
22	9	3	1	0.255176	0.05	0.012759	1.701172	0.00016	2.42	2.93	0.51	0.040669	0.005421	15
26	9	1	1	0.255176	0.08	6.63E-05	0.008846	0.00026	2.27	4.88	2.61	0.000666	8.88E-05	5
26	9	2	1	0.255176	0.075	4.34E-05	0.005784	0.00017	2.26	6.19	3.93	0.001003	0.000134	10
26	9	3	1	0.255176	0.08	5.1E-05	0.006805	0.0002	2.28	7.35	5.07	0.001294	0.000172	15
28	9	1	1	0.255176	0.06	0.015311	2.041407	0.00021	2.49	5.17	2.68	0.195392	0.026046	5
28	9	2	1	0.255176	0.16	0.040828	5.443752	0.00017	2.33	3.24	0.91	0.218551	0.029133	10
28	9	3	1	0.255176	0.13	0.033173	4.423048	0.00015	2.46	3.87	1.41	0.311825	0.041566	15

Cuadro No. 10. Cuadro de resultados del mes de septiembre finca San Mauricio, Ingenio Magdalena (Zafra 2014/2015). Fuente: El autor

9	10	1	1	0.255176	0.05	0.012759	1.701172	0.0002	2.46	2.61	0.15	0.009569	0.001276	5
9	10	2	1	0.255176	0.05	0.012759	1.701172	0.0002	2.46	2.65	0.19	0.012121	0.001616	10
9	10	3	1	0.255176	0.03	0.007655	1.020703	0.00018	2.5	2.95	0.45	0.019138	0.002551	15
10	10	1	1	0.255176	0.04	0.010207	1.360938	0.00024	2.46	2.56	0.1	0.004253	0.000567	5
10	10	2	1	0.255176	0.04	0.010207	1.360938	0.00016	2.31	2.48	0.17	0.010845	0.001446	10
10	10	3	1	0.255176	0.03	0.007655	1.020703	0.00016	2.45	2.71	0.26	0.01244	0.001658	15
11	10	1	1	0.255176	0.23	0.05869	7.825393	0.00026	2.4	2.91	0.51	0.115124	0.015346	5
11	10	2	1	0.255176	0.25	0.063794	8.505862	0.0002	2.46	3.04	0.58	0.185003	0.024661	10

11	10	3	1	0.255176	0.11	0.028069	3.742579	0.00015	2.43	3.43	1	0.187129	0.024944	15
13	10	1	1	0.255176	0.04	0.010207	1.360938	0.0002	2.4	2.67	0.27	0.013779	0.001837	5
13	10	2	1	0.255176	0.09	0.022966	3.06211	0.00016	2.43	2.62	0.19	0.027272	0.003635	10
13	10	3	1	0.255176	0.08	0.020414	2.721876	0.00016	2.45	2.74	0.29	0.037001	0.004932	15
15	10	1	1	0.255176	0.06	0.015311	2.041407	0.00021	2.43	2.64	0.21	0.015311	0.002041	5
15	10	2	1	0.255176	0.18	0.045932	6.124221	0.00017	2.41	2.6	0.19	0.051395	0.006843	10
15	10	3	1	0.255176	0.23	0.05869	7.825393	0.00014	2.41	2.61	0.2	0.083843	0.011176	15
17	10	1	1	0.255176	0.42	0.107174	14.28985	0.00018	2.44	2.59	0.15	0.100475	0.013393	5
17	10	2	1	0.255176	0.32	0.081656	10.8875	0.00016	2.42	2.73	0.31	0.158209	0.021089	10
17	10	3	1	0.255176	0.22	0.056139	7.485159	0.0002	2.41	3.08	0.67	0.188065	0.025069	15
19	10	1	1	0.255176	0.14	0.035725	4.763283	0.00019	2.41	2.51	0.1	0.018802	0.002506	5
19	10	2	1	0.255176	0.31	0.079105	10.54727	0.00017	2.48	2.62	0.14	0.065145	0.008684	10
19	10	3	1	0.255176	0.44	0.112277	14.97032	0.00021	2.39	2.58	0.19	0.101584	0.013541	15
21	10	1	1	0.255176	0.11	0.028069	3.742579	0.00018	2.47	2.77	0.3	0.046782	0.006236	5
21	10	2	1	0.255176	0.27	0.068897	9.186331	0.00018	2.33	2.57	0.24	0.103346	0.013776	10
21	10	3	1	0.255176	0.28	0.066346	8.846097	0.00018	2.47	2.77	0.3	0.110576	0.01474	15
22	10	1	1	0.255176	0.14	0.035725	4.763283	0.00021	2.51	2.76	0.25	0.042529	0.005669	5
22	10	2	1	0.255176	0.24	0.061242	8.165628	0.0002	2.47	2.66	0.19	0.05618	0.007755	10
22	10	3	1	0.255176	0.26	0.066346	8.846097	0.00016	2.31	2.54	0.23	0.095372	0.012713	15
23	10	1	1	0.255176	0.05	0.012759	1.701172	0.0002	2.47	2.56	0.09	0.005741	0.000765	5
23	10	2	1	0.255176	0.02	0.005104	0.680469	0.00022	2.31	2.47	0.16	0.003712	0.000495	10
23	10	3	1	0.255176	0.07	0.017862	2.381641	0.00019	2.46	2.56	0.1	0.009401	0.001253	15

Cuadro No. 11. Cuadro de resultados del mes de octubre finca San Mauricio, Ingenio Magdalena (Zafra 2014/2015). Fuente: El autor