

UNIVERSIDAD TÉCNICA NACIONAL
SEDE GUANACASTE



INGENIERÍA AGRONÓMICA CON ÉNFASIS EN RIEGO Y DRENAJE

**Efectos Del Sistema De Riego Por Tubería Flexible De Polietileno
Y Canales Abiertos Sobre La Erosión Del Suelo En El Cultivo De
Caña De Azúcar (Saccharum officinarum).**

**Investigación presentada para optar por el grado de Licenciatura
en Agronomía con énfasis en Riego y Drenaje.**

DESIDERIO ARGUEDAS SÁNCHEZ

2018

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EVALUADOR

Este trabajo final de graduación ha sido aceptado por el Tribunal Evaluador
como requisito para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería
Agronómica con énfasis en Riego y Drenaje.

Ing. Agr. Johnny Aguilar Rodríguez. M. Sc.
Profesor tutor

Ing. Agr. Agustín Sanabria Loaiza. M.Sc.
Profesor Lector

Ing. Agr. María Arias Alfaro. M.Sc.
Profesor Lector

Ing. Agr. María Arias Alfaro. M. Sc.
Presidenta del Tribunal.

Desiderio Arguedas Sánchez
Sustentante cédula 6-0145-0089.

DEDICATORIA

Dedico este triunfo a mi familia, sobre todo a mi esposa Guadalupe y a mi hija Nazareth, por el apoyo y confianza en todo momento, por ser ejemplos de perseverancia y haber cultivado valores, por saber esperar en aquellos tiempos donde se ocupó de mayor sacrificio. Gracias a ellas he culminado con una etapa de mi vida.

Desiderio Arguedas Sánchez

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por haberme bendecido en cada paso que di durante el trayecto de mis estudios, y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y mi compañía.

Segundo, pero no menos importante a mi familia. A los Ingenieros Agustín Sanabria Loaiza. M. Sc., profesor lector, Johnny Aguilar Rodríguez. M. Sc., profesor Tutor, Alfredo Rodríguez Villegas amigo y compañero de la Universidad, Ing. Emilio Alpízar Parajeles, mi jefe, a la licenciada Karen López Carmona, compañera de trabajo, a mi compañero y amigo Lic. Jorge Luis Alvarado Quesada, Diplomado Brian Mendoza Medrano compañero de trabajo y de la Universidad y a la directora de la Carrera y lectora Ing. Marielos Arias Alfaro. M. Sc., por su apoyo incondicional durante todo el proceso de mi carrera, a ellos les doy mi eterno agradecimiento.

Desiderio Arguedas Sánchez

TABLA DE CONTENIDOS

MIEMBROS DEL TRIBUNAL EVALUADOR	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS	III
TABLA DE CONTENIDOS	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE IMÁGENES	VII
ÍNDICE DE GRÁFICOS	VIII
TABLA ABREVIATURAS.....	VIII
RESUMEN.....	IX
CAPÍTULO I. TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	11
1.1 INTRODUCCIÓN	11
1.2 ÁREA DE ESTUDIO, DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....	13
1.2.1 CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS, CLIMÁTICAS, GEOGRÁFICAS Y AMBIENTALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	13
1.2.2 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS MÁS RELEVANTES DEL SECTOR DE ESTUDIO.....	14
1.2.3 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y POBLACIONAL DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.....	17
1.2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN.....	17
1.2.5 CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	18
1.2.6 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO	19
1.2.7 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES.....	21
1.3 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	22
1.3.1 PROBLEMÁTICA INVESTIGADA.....	23
1.3.2 JUSTIFICACIÓN.....	24
1.3.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL CONOCIMIENTO DEL TEMA.....	25
1.3.3.1 EVOLUCIÓN DEL DESARROLLO DEL RIEGO EN COSTA RICA.....	25
1.4 OBJETIVOS.....	27
1.4.1 OBJETIVO GENERAL	27
1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	28
2.1 LA EROSIÓN DEL SUELO.....	28
2.2 PRINCIPALES FACTORES AMBIENTALES Y DE SUELOS QUE INFLUYEN SOBRE EL MANEJO Y LA EROSIÓN DEL SUELO.....	30

2.2.1	TOPOGRAFÍA.....	30
2.2.2	LLUVIA.....	31
2.3	CONDICIONES DEL SUELO	31
2.3.1	LA PROFUNDIDAD	31
2.3.2	TEXTURA.....	32
2.4	ESTRUCTURA Y POROSIDAD DEL SUELO.....	33
2.4.1	DENSIDAD APARENTE.....	34
2.4.2	EROSIÓN DEL SUELO	35
2.5	TAXONOMÍA.....	36
2.5.1	EL RIEGO POR GRAVEDAD EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR.....	37
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....		40
3.1	PARADIGMA ASUMIDO DENTRO DEL ESTUDIO.....	40
3.2	ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.3	TIPO DE INVESTIGACION.....	42
3.4	HIPÓTESIS	42
3.5	LAS VARIABLES O CATEGORÍAS DE ANÁLISIS.....	43
3.6	POBLACIÓN.....	45
3.7	INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN.....	46
3.7.1	ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS.....	46
3.7.2	TÉCNICAS DE RIEGO	47
3.7.3	CLASIFICACIÓN DE GRADOS Y RIESGOS DE EROSIÓN DE LA FAO	47
3.7.4	CONSTRUCCIÓN DE LAS TRAMPAS O PRESAS:.....	48
3.7.5	CUANTIFICACIÓN DE LOS SEDIMENTOS	48
3.8	PROCESO DE VALIDACIÓN	49
3.9	MODELO MATEMÁTICO.....	50
3.10	PRESUPUESTO.....	51
3.11	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	51
CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS		52
4.1	PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.....	52
4.2	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	55
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		57
5.1	CONCLUSIONES	57
5.2	RECOMENDACIONES.....	58
CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS.....		60
6.1	BIBLIOGRAFÍA	60
6.2	ANEXOS	64

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.	14
CUADRO 2. PRECIPITACIÓN MENSUAL DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.....	15
CUADRO 3. COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.....	16
CUADRO 4. POBLACIÓN DEL CANTÓN DE BAGACES SEGÚN SEXO Y EDAD MEDIA.	17
CUADRO 5. POBLACIÓN URBANA Y RURAL DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.	18
CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS DEL ÁREA DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.	19
CUADRO 7. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL CANTÓN DE BAGACES, EN PORCENTAJE.	20
CUADRO 8. EXTENSIÓN APROXIMADA DE LOS ORDENES DE SUELOS EN COSTA RICA... 37	
CUADRO 9. VARIABLES.....	43
CUADRO 10. CLASIFICACIÓN DE GRADOS Y RIESGOS DE EROSIÓN DE LA FAO (1984). ...	47
CUADRO 11. PRESUPUESTO DE TESIS.....	51
CUADRO 12. CRONOGRAMA.....	51
CUADRO 13. CARACTERÍSTICAS DE LAS PARCELAS DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO BAGACES, GUANACASTE.	53
CUADRO 14. TONELADAS DE SUELO CAPTADO Y CLASIFICACIÓN DE LAS PARCELAS SEGÚN EL RIESGO DE EROSIÓN, FAO (1984).....	53
CUADRO 15. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE SUELO EROSIONADO ENTRE PARCELAS. ...	54
CUADRO 16. ANÁLISIS DE VARIANZAS Y CLASIFICACIÓN DE GRUPOS POR TRATAMIENTO, SEGÚN EL ANÁLISIS CON LSD FISHER.....	55
CUADRO 17. CÁLCULO DE LA EROSIÓN PRODUCIDA EN T/HA, EN LA PARCELA 85.	77
CUADRO 18. CÁLCULO DE LA EROSIÓN PRODUCIDA EN T/HA, EN LA PARCELA 51.	78
CUADRO 19. CÁLCULO DE LA EROSIÓN PRODUCIDA EN T/HA, EN LA PARCELA 14A.....	78
CUADRO 20. CÁLCULO DE LA EROSIÓN PRODUCIDA EN T/HA, EN LA PARCELA 14B.....	79
CUADRO 21. ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III), PARCELAS 81 VS 14A.....	79
CUADRO 22. ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III), PARCELAS 51 VS 14B.....	80
CUADRO 23. ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III), PARCELAS 51 VS 14A.....	80
CUADRO 24. ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III), PARCELAS 85 VS 14B.....	81
CUADRO 25. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS CUATRO TRATAMIENTOS.....	81

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1. PRINCIPALES RÍOS EN EL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE....	21
IMAGEN 2. ZONAS DE VIDA DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.....	22
IMAGEN 3. ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA TRAMPA O PRESA DE SEDIMENTOS	66
IMAGEN 4. DISEÑO DE RIEGO PARCELA 14 A.....	66
IMAGEN 5. DISEÑO DE RIEGO PARCELA 14 B.....	67
IMAGEN 6. DISEÑO DE RIEGO PARCELA 85.....	67
IMAGEN 7. DISEÑO DE RIEGO PARCELA 51.....	68
IMAGEN 8. EROSIÓN EN PARCELAS DESPUÉS DE RIEGOS	68
IMAGEN 9. RECOLECCIÓN Y MEDICIÓN DE SEDIMENTOS.....	69
IMAGEN 10. PRESA EN FUNCIONAMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN SEDIMENTOS.	69
IMAGEN 11. CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE DRENAJE PARA RECOLECCIÓN DE SEDIMENTOS.....	70
IMAGEN 12. RECOLECCIÓN Y MEDICIÓN DE SEDIMENTOS.....	70
IMAGEN 13. TRAMPA O PRESA LISTA PARA LA COLECTA DE SEDIMENTOS.....	71
IMAGEN 14. FOTO DE TRAMPA O PRESA EN CONSTRUCCIÓN PARA LA CAPTACIÓN DE LOS SEDIMENTOS	71
IMAGEN 15. REVESTIMIENTO CON PLÁSTICO PARA EVITAR ALTERAR LA RECOLECCIÓN.	72
IMAGEN 16. SITIO DE PRESA EL SUELO EN PROCESO DE SECADO PARA LA RECOLECCIÓN.....	72
IMAGEN 17. REALIZANDO INSPECCIÓN PARA LA RECOLECCIÓN Y MEDICIÓN DE SEDIMENTOS	73
IMAGEN 18. RECOLECCIÓN DE SEDIMENTOS PARA LA MEDICIÓN.	73
IMAGEN 19. DESPRENDIMIENTO DE TALUD POR EL RIEGO PARCELA 14B.....	74
IMAGEN 20. CANTIDAD DE SEDIMENTOS RECOLECTADOS EN EL SEGUNDO RIEGO EN PARCELA 14 B	74
IMAGEN 21. EXTRACCIÓN DE LOS SEDIMENTOS DE LA CUBETA DEL CANAL DE DRENAJE.	75
IMAGEN 22. RECOLECCIÓN DE SEDIMENTOS PARA MEDICIÓN.	75
IMAGEN 23. RECOLECCIÓN DE SUELOS.	76
IMAGEN 24. TAMAÑO DEL CULTIVO AL FINAL DE LA RECOLECCIÓN Y MEDICIÓN DE LOS SEDIMENTOS	76
IMAGEN 25. TRIÁNGULO TEXTURAL USADO PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE LAS PARCELAS EN ESTUDIO.....	77

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 TONELAS DE SUELOS EROSIONADOS POR PARCELAS (T/HA).....	54
GRÁFICO 2. MEDIAS ENTRE PARCELAS SOBRE EROSIÓN DE SUELOS	55

TABLA ABREVIATURAS

Distrito de Riego Arenal Tempisque.....	DRAT
Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.....	FAO
Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento	Senara
Comisión Asesora en cuanto a Degradación de Tierras	Cadeti
Departamento de Ingeniería Rural del Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola	STica
Instituto Nacional de Estadística y Censo	INEC
Instituto de Desarrollo Rural	Inder
Proyecto de Riego Arenal-Tempisque	PRAT
Caña de azúcar	<u>Saccharum officinarum</u>
Toneladas por hectárea	t/ha
Metros sobre el nivel del mar	msnm

Palabras claves: Erosión del suelo, caña de azúcar, investigación exploratoria, medición de los sedimentos, riego por gravedad, riesgo de erosión, grado de erosión.

RESUMEN

El objetivo del presente trabajo fue realizar una investigación sobre los efectos del sistema de riego por gravedad, con tubería flexible de polietileno (P-E) y canales abiertos con el uso de sifones, sobre la erosión del suelo en el cultivo de caña de azúcar (Saccharum officinarum), en 4 parcelas en el asentamiento campesino de Tamarindo, ubicado en el Distrito de Riego Arenal Tempisque, cantón de Bagaces, Guanacaste.

Según los resultados obtenidos en esta investigación exploratoria, sobre los efectos del riego por gravedad en la erosión del suelo en el cultivo de caña de azúcar, el riesgo es ligero, según la tabla comparativa de la FAO, utilizada como base de referencia en este estudio.

La limitación más importante presentada para la investigación es la poca cantidad de datos de medición de los sedimentos, ya que solo se pudo aplicar 4 repeticiones (4 riegos) debido a las lluvias anticipadas de los meses de diciembre y enero.

Es importante mencionar que no se previó, en la etapa constructiva del proyecto Tamarindo, una evaluación de impacto del riego sobre los suelos. Es rescatable indicar que, para proyectos de riego nuevos, se considere levantar

información de línea base, para poder hacer una evaluación adecuada del impacto del riego en el futuro.

Para implementar cualquier medida o estrategia que esté diseñada para contribuir en la conservación y sostenibilidad de la producción agrícola de los pequeños productores de los asentamientos, se requiere, desde el inicio de la construcción de las obras de infraestructura de riego en las parcelas, que se tome en cuenta el proceso de evaluación y confección de líneas base de los diferentes suelos.

CAPÍTULO I. TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

Este documento presenta los resultados de la investigación sobre la erosión del suelo con riego por gravedad con la aplicación de dos técnicas; por tubería flexible de polietileno (P-E) y canales abiertos con el uso de sifones en el cultivo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), en el asentamiento campesino ubicado en el sector de Tamarindo de Bagaces, Guanacaste, Costa Rica, ubicado en las coordenadas 10° 23' 56" longitud norte y 85° 17' 47" longitud oeste.

Su finalidad fue, captar el suelo arrastrado por el agua mediante trampas al final de cada parcela según el diseño de riego, cuantificar las t/ha de suelo erosionadas en las parcelas experimentales midiendo el suelo captado en las trampas, tipificar el grado de erosión de los suelos de la parcela experimental según la tabla de clasificación de grados de erosión de la FAO de 1984 y realizar análisis estadísticos a los resultados del suelo captado, mediante modelo matemático para la identificación de diferencias entre tratamientos.

En este trabajo se seleccionaron 4 parcelas que, por sus características topográficas, pendiente del terreno, edáficas y de renovación de cultivo, representaron las condiciones normales en la zona para estudiar los factores que inciden en la erosión.

Se utilizaron parcelas plantadas en el periodo de enero a febrero del 2018 (caña planta). El área fue nivelada para riego por surcos con equipo especializado, tratando de mantener la pendiente natural de cada parcela.

Los datos obtenidos fueron sometidos al análisis de varianza y las medias separadas mediante la prueba LSD de Fisher y un nivel de significancia del 5 %, en las 4 parcelas.

Se realizó una amplia revisión bibliográfica en busca de información relacionada con estudios sobre erosión de los suelos con riego en el país y se pudo detectar que se carece de este tipo de ensayos o investigaciones, con los cuales se relaciona este trabajo, a pesar de que las primeras investigaciones que apuntan al riego como una opción para el desarrollo de la región Chorotega empiezan en los años cincuenta. (Rodríguez, 2013).

El uso del riego como insumo en la producción agrícola empieza con la ejecución del primer plan piloto de construcción de obras en el Distrito de Riego Arenal Tempisque (DRAT) en agosto de 1981 (Imbach 2013), por lo que desde ese tiempo hasta la actualidad (2018) es conveniente realizar una evaluación de la aplicación del riego y del grado de erosión que este ha causado en los suelos del asentamiento Tamarindo, sus efectos y plantear recomendaciones al respecto.

El trabajo reviste gran importancia para la toma de decisiones en el manejo de las prácticas agrícolas de los suelos para la conservación de su fertilidad, su potencial productivo y el conocimiento de lo que está sucediendo en los campos de los productores con la explotación intensiva del cultivo de caña de azúcar.

1.2 ÁREA DE ESTUDIO, DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.

1.2.1 CARACTERÍSTICAS EDÁFICAS, CLIMÁTICAS, GEOGRÁFICAS Y AMBIENTALES DE LA ZONA DE ESTUDIO.

En el asentamiento Tamarindo ubicado en el cantón de Bagaces, Guanacaste está una de las principales formaciones geográficas del país, denominada Formación Bagaces, con las siguientes características:

El origen es volcánico: y data del cuaternario (pleistoceno temprano); cubre la mayor parte del área de los Subdistritos Piedras y Cabuyo (89,60 % y 12,29 % respectivamente), utilizando un trazado de la carretera interamericana como punto de referencia en sentido este-oeste, aflora desde la población de Cañas a aproximadamente 1,2 km antes de la comunidad de Pijije, incluyendo los centros urbanos de Montenegro y Agua Caliente. Dóndoli (1950), la describe como una toba gris, pero fue Dengo (1962) quien la definió como una unidad formada, constituida como ignigras dacíticas y sedimentos lacustres asociados.

Litología: Según Bohnenberger (1968) y así como las Naciones Unidas (1975), la formación Bagaces se ha subdividido en tres miembros cuya litología es la siguiente:

Miembro Inferior: Localizada al norte y noroeste, la constituyen sedimentos lacustres y fluviolacustres tales como arenas y arcillas cenicientas alternando con lapillis, conteniendo algunos horizontes de gravas y fósiles de origen litoral. Estos sedimentos en general contienen ceniza y muestran alguna arcillización.

Miembro Intermedio: Se encuentran tobas columnares o ignimbritas densas y fracturadas, las cuales forman la base de este miembro. La lava es un basalto

olivínico porfirítico vesicular y frecuentemente fracturado, algunas veces laminado. El espesor varía entre 30 y 40 m. Sobre la lava se encuentran tobas, las que incluyen piroclastos, vidrio volcánico, fragmentos de ignimbrita y cuarzo.

Miembro Superior: Compuesto por tobas de distinta textura que se presenta entre dos horizontes de suelo fosilizado; las tobas están cementadas por cenizas a veces compactadas y otras veces aglutinadas; la toba está formada por material heterogéneo detrítico, con fragmentos líticos, escorias vesiculares, cuarzo, vidrio volcánico y su espesor es de 2,5 a 35 m.

1.2.2 COMPORTAMIENTO DE LAS VARIABLES CLIMÁTICAS MÁS RELEVANTES DEL SECTOR DE ESTUDIO.

Las estaciones climáticas que se dispone en el área de estudio, (época seca y época lluviosa) aportan registros utilizables a fin de establecer el comportamiento de sus correspondientes características climáticas del asentamiento de Tamarindo.

CUADRO 1. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.

Parámetros ambientales	Máximo	Mínimo
Temperatura (°C).	32,4	21,3
Humedad (%)	89	50
Presión Atmosférica (hPa)	998,4	995,8
Viento (km/h)	22,5	0
Radiación Solar (W/m ²)	814	0

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, 2017.

La información de la precipitación en el sector de estudio se presenta en el siguiente cuadro donde se indica que, del periodo de enero del 2017 a junio del 2018, la cantidad de lluvia caída en mm/mes.

CUADRO 2. PRECIPITACIÓN MENSUAL DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.

Precipitación(mm/mes)		
Mes	2017	2018
Enero	0	17,7
Febrero	0	0
Marzo	1,1	0
Abril	9,5	65,5
Mayo	0	258,5
Junio	153,1	177,6
Julio	107,7	
Agosto	157,9	
Septiembre	241,4	
Octubre	471,4	
Noviembre	53,9	
Diciembre	42,5	
Total	1238,5	

Fuente: Pluviómetro de Estación Aforo CO-II.

CUADRO 3. COMPORTAMIENTO CLIMÁTICO ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.

PRECIPITACIÓN	TEMPERATURA	HUMEDAD RELATIVA	VIENTO
La región se caracteriza por ser de las más secas del país, por contar con una estación lluviosa que inicia a finales del mes de abril y termina a mediados de noviembre, con un lapso seco en los meses de julio a agosto conocido como canícula o veranillo	La temperatura media anual es de aproximadamente 27°C con variaciones de hasta 3°C en promedio, aunque los cambios diarios registran variaciones de 8 a 13°C con máximas de 38°C y mínimas de 13°C	La humedad relativa media anual es del orden de 82 % con máximas y mínimas registradas de 52 % y 96 % en la época seca y lluviosa, respectivamente	Durante enero y febrero se presenta la mayor intensidad de los vientos causando en ocasiones velocidades mayores a 35 km por hora

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional, 2017.

1.2.3 CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS Y POBLACIONAL DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.

Bagaces, es el cantón número 4 de la provincia de Guanacaste, se compone por cuatro distritos, de los cuales destaca su ciudad cabecera Bagaces. Cuenta con una superficie aproximada de 1273,49 km² y registra una altura que varía de 5 a 2 028 msnm en el volcán Miravalles, el cual es la máxima altitud del territorio. Según datos del INEC (2011) alberga una población de 19 536 habitantes, para una densidad poblacional de 15,34 habitantes/km².

1.2.4 CARACTERÍSTICAS DE LA POBLACIÓN

Para el censo nacional Costa Rica de 2011, el cantón de Bagaces, como se puede apreciar en el cuadro 3, cuenta con 19 536 pobladores, de los cuales el 50,4 % son hombres, y el 49,5 % mujeres; la relación hombre-mujer, es de 1,018. Según la zona geográfica se puede observar que el porcentaje de población urbana representa un 46,7 % del total de la población.

CUADRO 4. POBLACIÓN DEL CANTÓN DE BAGACES SEGÚN SEXO Y EDAD MEDIA.

Cantón	Población total	Población femenina	Población masculina	Edad media de la población
Bagaces	19 536	9 682	9 854	29,9

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. 2011

El territorio se encuentra en una zona mayoritariamente rural según la percepción de sus habitantes. La información basada en datos del INEC en el X Censo Nacional de Población y VI de Vivienda de 2011, se puede observar en el cuadro 5.

CUADRO 5. POBLACIÓN URBANA Y RURAL DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.

Distrito	Población total			Urbano			Rural		
	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer	Total	Hombre	Mujer
Bagaces	12367	6273	6094	6275	3060	3215	6092	3213	2879
La Fortuna	2756	1366	1390	1289	616	673	1467	750	717
Mogote	3398	1727	1671	1556	768	788	1842	959	883
Río Naranjo	1015	488	527	0	0	0	1015	488	527

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. 2011

1.2.5 CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Para el censo nacional Costa Rica de 2011, el cantón de Bagaces, como se puede apreciar en el cuadro 5, la población en fuerza de trabajo es de 6 442 habitantes. Con un total de 4 877 hombres y 1 635 mujeres.

CUADRO 6. CARACTERÍSTICAS ECONÓMICAS DEL ÁREA DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.

Código	Población en fuerza de trabajo	Hombres que participan en la fuerza de trabajo	Mujeres que participan en la fuerza de trabajo	Relación de dependencia	Tasa de ocupación	Tasa de ocupación masculina	Tasa de ocupación femenina	Tasa de participación
Bagaces	6442	4807	1635	203.30	44.10	65.90	22.60	45.90

Fuente: Instituto Nacional de estadística y Censo.

1.2.6 CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL ÁREA DE ESTUDIO

Como se aprecia en el cuadro N°6, el uso de la tecnología en el área de estudio está limitada, únicamente el 16,2 % de la población tiene computador y utiliza Internet.

CUADRO 7. CARACTERÍSTICAS TECNOLÓGICAS DEL CANTÓN DE BAGACES, EN PORCENTAJE.

Con radio o equipo sonido	Con línea Telefónica	Con línea Telefónica o celular	Con pantalla TV	Con TV convencional	Con TV por cable	Con PC de Escritorio	Con PC Portátil	Con Internet
4,7	42,5	84,9	9,8	87,7	25,5	15,8	16	16,2

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas y Censo. 2011.

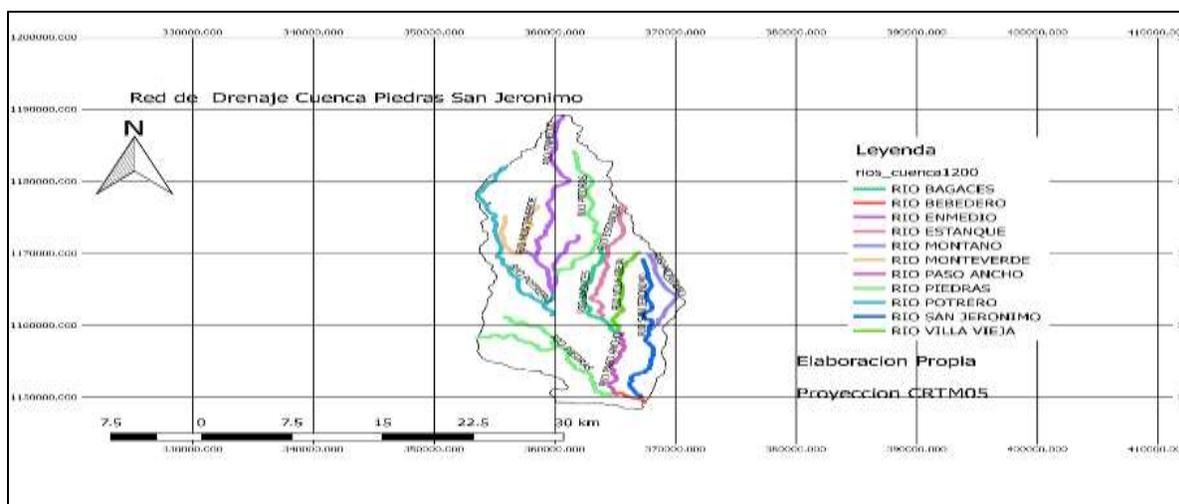
1.2.7 CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES.

El territorio donde se desarrolló el estudio cuenta con una amplia red hidrográfica, que drena hacia la vertiente Pacífica, siendo la principal cuenca la del río Bebedero, con una superficie de 2 054,4 km².

Los ríos se originan en las laderas de la cordillera de Guanacaste; se caracterizan por ser cortos, accidentados y profundos, solamente los ríos más grandes son navegables por pequeñas embarcaciones en algunas secciones de sus cursos. El principal río del territorio es el Bebedero, que desemboca en el río Tempisque.

En la imagen 1 se observan los principales ríos presentes en el territorio en estudio.

IMAGEN 1. PRINCIPALES RÍOS EN EL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.



Fuente: elaboración propia.

Para entender de mejor manera el comportamiento climático del territorio, se analizan primero las zonas de vida según la clasificación de Holdridge, la diferencia de altitudes crea en el territorio una multiplicidad de climas que van desde el denominado Bosque Seco Tropical hasta el Bosque Pluvial PreMontano. Las zonas de vida predominantes en el territorio son el bosque seco tropical (bs-T) y bosque húmedo premontano bajo (bh-PB). Como se puede observar en la Imagen 2, existen 4 zonas de vida presentes en el territorio, según clasificación de Holdridge

IMAGEN 2. ZONAS DE VIDA DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO DE BAGACES, GUANACASTE.



Fuente: Elaboración propia.

1.3 DELIMITACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.

El estudio se realizó en el asentamiento campesino Tamarindo de Bagaces, Guanacaste, ubicado en las coordenadas 10° 23' 56" longitud norte y 85° 17' 47" longitud oeste, durante el periodo comprendido de diciembre de 2017 a junio de

2018. El sitio se encuentra a una elevación de 9 msnm, dentro de la zona de vida Bosque Seco Tropical.

1.3.1 PROBLEMÁTICA INVESTIGADA.

El 10 % de Costa Rica padece serios inconvenientes de erosión en el suelo según números de la Comisión Asesora en cuanto a Degradación de Tierras (Cadeti), organización creada como parte de la Convención de las Naciones Unidas de Lucha en contra de la desertificación de tierras.

Según el director del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica y miembro de la Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo, Carlos Henríquez, las cifras de Cadeti dictaminan que cerca de 110 kilómetros cuadrados de la geografía costarricense, están afectados por la erosión, deslaves, pérdida de fertilidad y otros fenómenos asociados al suelo, a través de un alto impacto referente a la producción agropecuaria. (Cadeti)

El diagnóstico de la situación del medio ambiente, llevado a cabo por dicha Comisión en 2017, determinó que la erosión era el agente que mayor deterioro causa al medio ambiente costarricense, a la cual los entes encargados no le prestan la atención requerida a pesar de que existe suficiente legislación en el país tales como ley 7779, “Uso, Manejo y Conservación de Suelos, del 23 de abril de 1998” y el “Reglamento a la Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos” en la cual se establecen los responsables, las políticas y las reglas a seguir para actuar en la prevención y control de la erosión sobre todo en los campos agrícolas.

Se ha hecho una amplia revisión bibliográfica con el fin de determinar la existencia de trabajos de investigación sobre la erosión de suelos en el DRAT, sin resultados positivos, por lo que este trabajo pretende dar a conocer, lo que está sucediendo en el asentamiento campesino de Tamarindo de Bagaces, Guanacaste, sobre la afectación de los suelos que están sembrados de caña de azúcar y que, a futuro sirva de referencia para la creación de prácticas tendientes a la conservación y sostenibilidad de la producción agrícola con riego en las parcelas.

1.3.2 JUSTIFICACIÓN.

La erosión hídrica ocasionada por efecto del riego, afecta a los suelos del asentamiento Tamarindo por la actividad agrícola intensiva que se lleva a cabo en el sector, los sedimentos se depositan en la parte baja que colinda con el Parque Nacional Palo Verde. Lo anterior hace necesario que se realicen labores de mantenimiento de la sección hidráulica de la red de drenajes con maquinaria pesada, cada dos 2 años, para mejorar la eficiencia de la conducción de las aguas sobrantes del riego.

La erosión es un problema que podría arriesgar la sostenibilidad de la producción agrícola, la cual es el soporte económico de alrededor de 75 pequeños parceleros y es más grave de lo que se puede ver, sin que existan estudios analíticos suficientes que documenten el problema y propongan acciones de control sostenible para no continuar empobreciendo a los pequeños productores.

La erosión es causada principalmente por una mala gestión en el uso de la tierra, teniendo sus raíces en la pobreza, la tala abusiva de árboles, el sobrepastoreo y las malas prácticas de irrigación. El resultado final es que los productores sufren los daños que afectan los recursos naturales de los cuales

dependen, la pérdida de biodiversidad, una fuerte disminución en la productividad agrícola de las tierras, por último, el hambre, fenómeno que causa la emigración de poblaciones humanas hacia zonas menos afectadas y que muchas de ellas ya se encuentran muy pobladas.

Es necesario desarrollar la investigación de campo que permita cuantificar los volúmenes de suelo de los procesos erosivos en las pequeñas parcelas del asentamiento Tamarindo, con la aplicación de 2 técnicas de riego por surco, utilizando tubos flexibles de polietileno, contrastándolo con la aplicación desde canales abiertos con el uso de sifones.

Para tipificar y cuantificar estos procesos erosivos y, en el futuro proponer medidas de conservación, se necesita la medición de la tasa erosiva. Por lo tanto, este trabajo pretende tipificar y cuantificar la pérdida del suelo en 4 parcelas del asentamiento, Tamarindo de Bagaces, Guanacaste, Costa Rica.

1.3.3 SITUACIÓN ACTUAL DEL CONOCIMIENTO DEL TEMA.

1.3.3.1 Evolución del desarrollo del riego en Costa Rica.

Las primeras referencias que se tienen de la utilización de riego en nuestro país corresponden al período precolombino. Los chorotegas regaban plantaciones de maíz en lo que hoy se conoce como Guanacaste gracias a las técnicas aprendidas de los mayas.

La superficie potencial de riego en base a la clase de suelos, disponibilidad de agua e índice del déficit de humedad se calcula en 430 000 ha. (FAO , 2015)

El riego se inició en Costa Rica principalmente para el arroz, la caña de azúcar y los pastos en el Pacífico Norte del país y la producción de granos básicos

en la Meseta Central. El mayor impulso en el sector privado se dio a partir de 1950 incrementándose el riego en el Pacífico Norte y el drenaje en la costa Atlántica, existiendo un total de 21 225 ha bajo riego en 1955. (FAO 2015).

El Estado inició actividades con fines de riego en 1975 con el Proyecto de Riego Arenal-Tempisque (PRAT).

Según el Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (Senara), se calcula que, del total de la superficie con riego en el país, el 31 por ciento corresponde a sistemas de riego público y el 69 por ciento a sistemas de riego privado.

Las fuentes de agua para el riego son predominantemente superficiales, correspondientes a 94 por ciento de la superficie equipada para el riego, no obstante, ha habido un aumento gradual en los últimos años de utilización de fuentes subterráneas por bombeo, principalmente para la zona del Pacífico Norte, alcanzando el 6 por ciento de la superficie (FAO 2015).

El riego por tubería flexible es un sistema innovador que se viene incorporando paulatinamente en los últimos años en Costa Rica en las zonas bajo riego. Está siendo usada por pequeños y grandes productores y con múltiples usos, desde el riego por surcos en hortalizas hasta para el transporte de agua y llenado de reservorios en la ganadería.

La tubería de polietileno con ventanas se coloca a lo largo de la cabecera del lote de caña a regar, y las aberturas en correspondencia con cada uno de los surcos o unidades de riego. Siempre trabajan a sección llena de agua para

asegurar un mínimo de presión interna. En relación a la distribución del agua en el método de riego tradicional, presenta varias ventajas fundamentalmente en lo que se refiere a uniformidad de riego, eficiencia, reducción de costos de mano de obra, mantenimiento de canales regadores y economía del agua.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la erosión del suelo utilizando las técnicas de riego por tubería flexible de polietileno (P-E) y por canales de riego abiertos con el uso de sifones; midiendo las pérdidas de suelo en t/ha, en el cultivo de caña de azúcar (**Saccharum officinarum**), en el asentamiento Tamarindo de Bagaces, Guanacaste.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Captar el suelo arrastrado por el agua mediante trampas al final de cada parcela según el diseño de riego.
- b) Cuantificar las t/ha de suelo erosionadas en las parcelas experimentales midiendo el suelo captado en las trampas.
- c) Tipificar el grado de erosión de los suelos de la parcela experimental según la tabla de clasificación de grados de erosión de la FAO de 1984.
- d) Realizar análisis estadísticos a los resultados del suelo captado, mediante modelo matemático para la identificación de diferencias entre tratamientos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

2.1 LA EROSIÓN DEL SUELO.

La erosión involucra indirectamente un impacto económico y social, mientras que los efectos que presenta en el recurso suelo son variados, y muchos de ellos se asocian a la pérdida de productividad; consiste en el desprendimiento de partículas individuales de la masa del suelo y su transporte por los agentes erosivos, como las corrientes de agua.

Por definición, la productividad del suelo relaciona la capacidad de este, con la producción de un cultivo bajo un sistema de manejo específico, involucrando intrínsecamente las propiedades o características del recurso, según ciertos requerimientos de cada cultivo.

Frente a este concepto, su interpretación es una compleja función que incorpora las variables químicas, físicas y biológicas propias de cada suelo, y no se establece solo basado en el cultivo que este sustente, ya que el suelo como sistema integrado, involucra no solo una estructura vital para el crecimiento de la planta, sino una infinidad de interacciones ecosistémicas que entregarán propiedades específicas a cada suelo, definiendo su productividad. Está ampliamente documentado el efecto de la erosión en la productividad de los suelos agrícolas debido a la alteración de las propiedades de estos. No obstante, siguiendo la definición del concepto, la mayoría de estos estudios son presentados según el impacto en la producción del cultivo en evaluación; son pocos los autores que se han aventurado a establecer relaciones entre productividad y los efectos directos del suelo. (Brunel, 2011)

Al respecto, estos concluyeron que la reducción de rendimiento debida a la erosión simulada fue asociada a la cantidad de nitrógeno (N) y fósforo (P) total y disponible removido, junto con la reducción de la materia orgánica (MO). Según (FAO), actualmente la erosión del suelo afecta a 20 % de las tierras agrícolas, a 15 % de los pastizales y al 30 % de los bosques del mundo. (FAO, 2008)

La organización señala que este desgaste se encuentra en su punto más grave desde hace 20 años. Según un reciente estudio, a mediados de la primera década del siglo XXI la degradación del suelo afecta a más de 1 500 millones de personas, (FAO). El resultado final de la degradación de los suelos es que los productores del mundo sufren los daños que afectan los recursos naturales, de los cuales dependen.

La pérdida de biodiversidad, una fuerte disminución en la productividad agrícola de las tierras, por último, el hambre, fenómeno que en su turno causa la emigración de poblaciones humanas hacia zonas densamente pobladas.

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. (FAO, s.f.)

La degradación temprana del suelo producto de la erosión no es fácil de detectar por simple observación; la baja productividad de un cultivo es el primer escenario de un proceso erosivo, resultado de un deterioro continuo del suelo, donde las medidas de prevención son cada vez menos efectivas (O, 2015), debido a que no todos los suelos responden de igual forma al estrés aplicado, la severidad del daño producido por la erosión en la productividad del suelo va a

estar estrechamente vinculada a diversos factores, siendo los de mayor relevancia el tipo de cultivo y las condiciones de suelo y clima (Lal, 2003).

2.2 PRINCIPALES FACTORES AMBIENTALES Y DE SUELOS QUE INFLUYEN SOBRE EL MANEJO Y LA EROSIÓN DEL SUELO.

2.2.1 TOPOGRAFÍA.

La topografía se caracteriza por los ángulos de las pendientes y por la longitud y forma de estas. La topografía es un importante factor para determinar la erosión del suelo, las prácticas de control de la erosión y las posibilidades de labranza mecanizada del suelo, tiene una influencia primaria sobre la aptitud agrícola de la tierra. Cuanto mayor es el ángulo de la pendiente de la tierra y la longitud de esa pendiente, mayor será la erosión del suelo. Un aumento del ángulo de la pendiente causa un aumento de la velocidad de escorrentía, y con ello la energía cinética del agua causa una mayor erosión.

Las pendientes largas llevan a una intensificación de la escorrentía, aumentando su volumen y causando así una erosión más seria. Además de los problemas de erosión, las áreas con pendientes altas también presentan un menor potencial de uso agrícola. Esto es debido a la mayor dificultad o a la imposibilidad de la labranza mecánica o al transporte del campo, en este tipo de pendientes. La labranza en estos casos puede además ser limitada por la presencia de suelos superficiales. (FAO, 2001)

2.2.2 LLUVIA.

La lluvia es uno de los factores climáticos más importantes que influyen sobre la erosión. El volumen y la velocidad de la escorrentía dependen de la intensidad, la duración y la frecuencia de la lluvia. De estos factores, la intensidad es el más importante y las pérdidas por la erosión aumentan con la intensidad más alta de las lluvias. La duración de la lluvia es un factor complementario. La frecuencia de la lluvia también tiene influencia sobre las pérdidas causadas por la erosión. Cuando la lluvia cae en intervalos cortos, la humedad del suelo permanece alta y la escorrentía es más voluminosa, aun si la lluvia es menos intensa.

Después de largos períodos el suelo está más seco y no debería haber escorrentía con lluvias de poca intensidad, pero en casos de sequía la vegetación puede sufrir debido a la falta de humedad y así reducir la protección natural de la tierra. Durante una tormenta fuerte decenas de gotas de lluvia golpean cada centímetro cuadrado de tierra, aflojando las partículas de la masa de suelo.

Si la tierra no tiene una cobertura vegetativa, las gotas pueden destruir muchas toneladas de suelo por hectárea, que son así fácilmente transportadas por la escorrentía superficial. (FAO, 2000).

2.3 CONDICIONES DEL SUELO

2.3.1 LA PROFUNDIDAD

La profundidad del suelo es un factor limitante para el desarrollo de las raíces y de disponibilidad de humedad y nutrimentos para las plantas, afectando además la infiltración y las opciones de labranza. Las raíces de las plantas usan el

suelo a profundidades que van de unos pocos centímetros a más de un metro; en algunos casos esas raíces pueden llegar a varios metros. Cuanto más superficial es un suelo más limitados son los tipos de uso que puede tener, y más limitado será también el desarrollo de los cultivos.

Los suelos superficiales tienen menor volumen disponible para la retención de humedad y nutrimentos, pueden impedir o dificultar la labranza; también son susceptibles a la erosión porque la infiltración del agua está restringida por el substrato rocoso. Estos factores adversos varían en severidad según la naturaleza de la interface entre el suelo y el lecho rocoso. Si el suelo está en contacto con un lecho rocoso parcialmente descompuesto puede haber alguna infiltración de agua y penetración de las raíces, y los instrumentos de labranza pueden ser capaces de romper esa estructura. Los lechos de rocas duras pueden constituir, sin embargo, una fuerte limitante para la agricultura. (AL, 2014).

2.3.2 TEXTURA.

La fase sólida está compuesta prevalentemente de partículas de naturaleza mineral, las que de acuerdo a su diámetro pueden ser clasificadas en fracciones de arena, limo y arcilla, además de grava gruesa, media y fina. La proporción relativa de las fracciones de arena, limo y arcilla que constituyen la masa del suelo es llamada textura del suelo. La textura está íntimamente relacionada con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio de poros del suelo. Esto afecta prácticamente a todos los factores que participan en el crecimiento de las plantas.

La textura del suelo tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad de la humedad del suelo, la aireación, la disponibilidad de nutrientes y la resistencia a la penetración por las raíces. También tiene influencia sobre las propiedades físicas relacionadas con la susceptibilidad del suelo a la degradación tal como la agregación.

2.4 ESTRUCTURA Y POROSIDAD DEL SUELO.

La estructura del suelo se define en términos de grado, clases y tipo de agregados (USDA, 1951). El grado de estructura es la intensidad de agregación y expresa la diferencia entre la cohesión dentro de los agregados y la adhesividad entre agregados. En referencia a ella, el suelo se define como sin estructura, o con estructura débil, moderada o fuerte. La clase describe el tamaño de los pedos y el tipo su forma y ordenación.

La estructura y la porosidad del suelo ejercen influencia sobre el abastecimiento de agua y de aire a las raíces, sobre la disponibilidad de los nutrientes, sobre la penetración y desarrollo de las raíces, y sobre el desarrollo del micro fauna del suelo.

La humedad es retenida en los micro poros; el agua se mueve en los macro poros y estos tienden a ser ocupados por el aire que constituye la atmósfera del suelo. El espacio de poros del suelo es una propiedad dinámica y cambia con la labranza. Los límites entre los cuales su valor puede variar son muy amplios y dependen de la compactación, la forma de las partículas, la estructura y la textura del suelo. La porosidad total está también estrechamente ligada a la estructura del suelo, y esta aumenta a medida que el suelo forma agregados. Cualquier

práctica que altere la estructura del suelo afectará también su porosidad. La capa superior del suelo agregada junto a la semilla y a las plántulas debería ser de pequeño tamaño, de manera de promover un régimen adecuado de humedad y un contacto perfecto entre el suelo, las semillas y las raíces. Sin embargo, no debería ser tan pequeña que favorezca la formación de costras superficiales y capas compactadas. Un tamaño mayor de los agregados limita el volumen del suelo explorado por las raíces, y los agregados más pequeños dan lugar a poros demasiados pequeños que no drenarán el agua, sino que permanecerán saturados. Es importante que en los horizontes más profundos la estructura mantenga sus características originales. Es posible verificar si ha habido alteraciones estructurales tomando una muestra de suelo húmedo y separando sus agregados. (SAGARPA, sf)

2.4.1 DENSIDAD APARENTE.

La densidad del suelo es la relación de la masa de las partículas de suelo seco con el volumen combinado de las partículas y los poros. Se expresa en g/cm^3 o t/m^3 .

La densidad de los suelos está relacionada con otras características de los suelos. Por ejemplo, los suelos arenosos de baja porosidad tienen una mayor densidad ($1,2$ a $1,8 \text{ g/cm}^3$) que los suelos arcillosos ($1,0$ a $1,6 \text{ g/cm}^3$) los cuales tienen un mayor volumen de espacio de poros. La materia orgánica tiende a reducir la densidad suelo/masa debido a su propia baja densidad y a la estabilización de la estructura del suelo que resulta en mayor porosidad. La compactación causada por el uso inadecuado de equipos agrícolas, por el tráfico

frecuente o pesado o por el pobre manejo del suelo puede aumentar la densidad del suelo de los horizontes superficiales a valores que pueden llegar a 2 g/m³. La densidad de los suelos a menudo es usada como un indicador de la compactación. (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2000)

2.4.2 EROSIÓN DEL SUELO

La erosión del suelo se puede definir como un proceso de desagregación, transporte y deposición de materiales del suelo por agentes erosivos. Los agentes erosivos dinámicos, en el caso de la erosión hídrica, es el riego, la lluvia y el escurrimiento superficial o las inundaciones.

Otra definición es la destrucción del suelo y su pérdida al ser arrancado y arrastrado por las aguas o los vientos. En el caso de suelos agrícolas estas partículas sólidas del suelo se transportan a otros lugares dentro o fuera de la misma parcela lo que supone la pérdida de las capas más superficiales y un descenso de la fertilidad. Es uno de los problemas principales que sufre la agricultura a escala mundial, según datos de la FAO, se pierden al año en todo el mundo entre cinco y siete millones de hectáreas de tierra cultivable.

La lluvia tiene efecto a través del impacto de las gotas de agua sobre la superficie del suelo, y por el propio humedecimiento del suelo, que provocan desagregación de las partículas primarias; provoca también transporte de partículas por aspersion y proporciona energía al agua de la escorrentía

superficial. En el momento en que la precipitación pasa a ser mayor que la tasa de infiltración de agua en el suelo, se produce la retención y detención superficial del agua y, posteriormente, el escurrimiento superficial del agua que no infiltra.

Considerando a la escorrentía superficial como el principal agente de transporte, se clasifica la escorrentía en dos partes: el flujo en los entresurcos y el flujo dentro de los surcos. El flujo de los entresurcos es responsable por el transporte de sedimentos desde las áreas entre los surcos hacia dentro de los surcos.

Su capacidad de transporte depende directamente de las características de las gotas de lluvia que, produciendo turbulencia en la lámina de agua, determinan la cantidad de suelo que quedará en suspensión. El flujo en los surcos, canalizado o concentrado, tiene la capacidad de transportar el material recibido del flujo de los entresurcos, así como de producir la separación de material del cuerpo del suelo dentro del surco. (Vahrson Gunter, 1993).

2.5 TAXONOMÍA

La presencia de una alta variabilidad de material parental, distribuido en un relieve heterogéneo y sometido a la acción de condiciones climáticas y biológicas muy variables, ha originado en el territorio costarricense, en un tiempo relativamente corto, una manifiesta diversidad de suelos, el cual se representa en el siguiente cuadro:

CUADRO 8. EXTENSIÓN APROXIMADA DE LOS ORDENES DE SUELOS EN COSTA RICA.

Orden	Km²	Porcentaje
Inceptisoles	15642	38.9
Ultisoles	8402	21.0
Andisoles	5874	14.4
Entisoles	4963	12.4
Alfisoles	3857	9.6
Vertisoles	621	1.6
Molisoles	546	1.4
Espodosoles	62	0.9
Oxisoles	60	0.2
Histosoles	390	0.0

Fuente: Mata, R. 1991. Los Órdenes de suelos de Costa Rica. Taller de Erosión. Memoria, Heredia, MADE, UNA.

El propósito de clasificar los suelos es de organizarse en grupos que permitan recordar mejor sus características, y por lo tanto facilitar su manejo. Por ejemplo, es más fácil tratar de ubicar un suelo en uno de los 10 grupos u órdenes de la taxonomía de suelos desarrollada por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), y de ahí deducir sus características generales para luego buscarle las específicas, que tratar de definir cada suelo como un ente totalmente individual. (al F. B., s.f)., el tipo de suelo presente en el Asentamiento Tamarindo de Bagaces, sector de la investigación es vertisol.

2.5.1 EL RIEGO POR GRAVEDAD EN EL CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR.

El área regada del cultivo de caña de azúcar en Costa Rica corresponde aproximadamente 29 955,36 ha, el 90 % de la superficie con riego se ubica en la

región Pacífico Norte con 26 929,76 ha, según el Ing. Agr. Álvaro Angulo Marchena.

Los sistemas de riego han venido evolucionando a la par de la técnica de aplicación del agua, la tecnología y por la escasez del recurso hídrico, han obligado a que los productores inviertan en investigación y técnicas diferentes de riego. La clasificación de los sistemas de riego se divide en dos categorías:

- a. Sistema riego por gravedad.
- b. Sistema riego a presión.

En el caso del riego por gravedad (surcos), que es el que nos interesa, los flujos pueden llegar de muchas maneras (cuencas, canales, bordes.) cuya característica común es que el agua llega al punto más elevado de la parcela y se desplaza hasta el final infiltrando al mismo tiempo la lámina correspondiente. El riego superficial es el más utilizado. Si bien tiene desventajas importantes, como baja eficiencia en la utilización del agua, necesidad de nivelar el terreno, dificultades para aplicar volúmenes correctos con la frecuencia adecuada, y elevada demanda de mano de obra, se espera que continúe siendo el método más comúnmente utilizado.

Dentro de este sistema podemos anotar los siguientes métodos:

- a) Método de riego superficiales
- b) Método por inundación total
- c) Método Inundación de campo
- d) Método de riego por melga
- e) Método por cubrimiento parcial
- f) Método de riego por surcos.

El método de riego por surcos consiste en pequeños canales o surcos que son usados para conducir el agua sobre la superficie del suelo en flujos pequeños, individuales y paralelos. Este método es todavía muy común en cultivos en hileras a través del mundo. Los surcos en contorno facilitan el riego en terrenos con pendientes más pronunciadas sin crear problemas potenciales de erosión.

Usualmente los productores de caña en Costa Rica aplican entre 2 a 6 riegos complementarios durante el ciclo del cultivo, lo que significa aplicar un volumen de agua entre 1 200 m³ a 3 500 m³ por hectárea (Angulo, 2003). El número de riegos aplicados en la época seca al cultivo dependerá principalmente de las condiciones climáticas imperantes del periodo anterior (regularidad de las lluvias), de la aplicación de riegos “prezafra” antes de la cosecha, como también influirá la textura del suelo.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.

En este capítulo se define el tipo de investigación empleada, los instrumentos y técnicas de recolección de los datos utilizados, los procedimientos metodológicos de la investigación, así como la definición, operacionalización e instrumentación de las variables o categorías de análisis utilizadas en la investigación.

3.1 PARADIGMA ASUMIDO DENTRO DEL ESTUDIO.

El paradigma emplead en la investigación fue del tipo cuantitativa, la cual se establecen hipótesis y se determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones. Se define como el proceso de llegar a soluciones fiables para los problemas planteados a través de la obtención, análisis e interpretación planificados y sistemáticos de los datos.

3.2 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El presente trabajo tiene un enfoque cuantitativo, sigue un proceso rígido y secuencial.

Según Hernández, Fernández y Baptista (2010) en su obra Metodología de la Investigación, es recomendable utilizar el tipo cuantitativo, cuando se utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin establecer pautas de comportamiento y probar teorías, los datos generados poseen los estándares de validez y confiabilidad, (Hernández-Sampie, 2017).

Este proceso de investigación es flexible, se mueve entre los eventos y su interpretación, entre las respuestas y el desarrollo de la teoría. Con frecuencia se basa en métodos de recolección de datos con medición numérica y observaciones y análisis estadísticos (Hernandez, 2003), (Conceptodefinicion.de, 2015).

El enfoque cuantitativo tiene las siguientes características:

El investigador o investigadora plantea un problema de estudio delimitado y concreto sobre lo que se va a investigar. Una vez planteado el problema de estudio, el investigador, considera lo que se ha investigado anteriormente (la revisión de la literatura) y construye un marco teórico, del cual deriva una o varias hipótesis y las somete a prueba mediante el empleo de los diseños de investigación apropiados.

Si los resultados corroboran las hipótesis o son congruentes con éstas, se aporta evidencia a su favor. Si se refutan, se descartan en busca de mejores explicaciones y nuevas hipótesis. Al apoyar las hipótesis se genera confianza en la teoría que las sustenta. Si no es así, se rechazan las hipótesis y, eventualmente, la teoría.

La recolección de los datos se fundamenta en la medición (se miden las variables o conceptos contenidos en las hipótesis). Esta recolección se lleva a cabo al utilizar procedimientos estandarizados y aceptados por una comunidad científica. Para que una investigación sea creíble y aceptada por otros investigadores, debe demostrarse que se siguieron tales procedimientos. Como en este enfoque se pretende medir, los fenómenos estudiados deben poder observarse o referirse al “mundo real”.

Debido a que los datos son producto de mediciones, se representan mediante números (cantidades) y se deben analizar con métodos estadísticos.

Los análisis cuantitativos se interpretan a la luz de las predicciones iniciales (hipótesis) y de estudios previos (teoría). La interpretación constituye una explicación de cómo los resultados encajan en el conocimiento existente (Creswell, 2013).

3.3 TIPO DE INVESTIGACION

El modelo utilizado en esta investigación es de tipo exploratorio ya que hay dos factores que influyen en que una investigación se inicie como exploratoria, descriptiva, correlacional o explicativa:

El primero, se refiere al estado del conocimiento en el tema de investigación que nos revele la revisión de la literatura y el enfoque que el investigador pretenda dar a su estudio y la segunda, se refiere a la literatura explorada que reveló que no hay antecedentes sobre el tema en cuestión o que no son aplicables al contexto en el cual se desarrolló la investigación. (Sampieri, sf).

3.4 HIPÓTESIS

El sistema de riego que usa canales abiertos genera más erosión que el que utiliza tubería flexible de polietileno.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA H1.

El uso de tubos flexible de polietileno para conducir las aguas de riego no disminuye la erosión de los suelos.

HIPÓTESIS NULA H0.

El uso de tubos flexibles de polietileno para conducir las aguas de riego disminuye la erosión del suelo.

3.5 LAS VARIABLES O CATEGORÍAS DE ANÁLISIS.

CUADRO 9. VARIABLES

DEFINICIÓN			
VARIABLES	CONCEPTUAL	OPERACIONAL	INSTRUMENTAL
Suelo	El suelo es un sistema compuesto por tres fases, líquida, sólida y gaseosa, donde se desarrolla actividad biológica para la planta de donde obtiene el agua, los nutrientes y el soporte físico para su desarrollo.	El condicionamiento para el desarrollo óptimo del cultivo mediante labores agrícolas. (ABC Revista, 2005).	Se utilizaron equipos de labranza y acondicionadores de la superficie topográfica, para conseguir una mejor eficiencia en el uso del recurso hídrico.
Erosión	Consiste en el desprendimiento de las partículas sólidas que forman el suelo y su transporte a otros lugares dentro de la misma parcela o fuera de ella, donde	Básicamente se evaluó la erosión hídrica, que es el suelo transportado por el agua de riego por surco.	La evaluación de la erosión del suelo se utilizó el método de cuantificación de erosión "colectores Gerlach", como se describe en el capítulo 3.3.1 como lo menciona

	finalmente se depositarán.		(Wishowskie et al., 1998).
Textura	Es la proporción relativa de las fracciones expresada en porcentaje de arena, limo y arcilla que constituyen la masa del suelo cultivable.	Para realizar el análisis de laboratorio se tomaron 6 muestras en cada parcela mediante el método de muestra compuesta, la cual consiste en la extracción de muestras simples o submuestras, mezcladas en un recipiente, de donde se retiraron 2 kg de suelo por cada parcela.	El análisis granulométrico de los suelos de las 4 parcelas, se realizó utilizando la prueba de Bouyoucos, que se basa en la ley de Stokes. (EcuRed, 2018)
Pendiente	La pendiente de un terreno es la diferencia de altura entre dos puntos de un mismo plano y se expresa en porcentaje.	Se mantuvo la pendiente natural de las parcelas (2 y 4 %) con fines de conservación de la fertilidad de los suelos y lograr el mínimo de movimiento en metros cúbicos de tierra.	Para mantener las pendientes naturales de las parcelas se utilizó equipo integrado a un tractor que funciona con satélite GPS y satélite <i>GloNAF</i> y trabaja con corrección RTK. (Rion Time Kinematic)
Cultivo	El cultivo de caña de azúcar es una gramínea anual usada por la industria para la producción de azúcar y como fuente de energía eléctrica. En un	Se siembra en surco separados 1.50 metros, el riego se efectúa a través de surcos de diferentes longitudes.	La siembra se realiza mecánica o manual, cada 3 o más años. Se utiliza semilla vegetativa en una cantidad de 10 toneladas por ha.

	<p>área comercial se le aprovecha hasta 3 años. El primer ciclo se le llama "caña planta" y los posteriores "caña cepa".</p>		
Riego	<p>El riego es la aplicación de agua a las plantas para satisfacer las necesidades hídricas. En el cultivo de caña de azúcar, el riego se efectúa a través de pequeños canales o surcos que son usados para conducir el agua y simultáneamente ésta se infiltra, para su almacenamiento en el suelo.</p>	<p>El riego por surco en caña de azúcar se realiza aplicando pequeños caudales (1 a 2 l/s/surco), aprovechando la energía de gravedad favorecida por la pendiente del surco.</p>	<p>En el riego por surco se aplican caudales controlados por estructuras de aforo calibradas (aforador Parshall) en la entrada de la parcela y en los surcos sifones aforados de 2 pulgadas de diámetro, conectados a canales abiertos. Cuando se usan tuberías el agua se aplica mediante válvulas calibradas.</p>

Fuente: Elaboración propia

3.6 POBLACIÓN.

La población estudiada son cuatro parcelas localizadas en el sector de Tamarindo, según lo indicado en el marco teórico.

Los tratamientos consistieron de 2 técnicas de riego, donde el tratamiento 1 correspondió a la técnica de aplicación de riego con uso de sifones, en 2 superficies de 4.20 ha y 2.47 ha en 4 repeticiones.

El tratamiento 2 consistió en la técnica de riego con el uso de tubería flexible (P.E), con válvulas regulables de caudal, en 2 superficies de 3.50 y 5.56 ha en 4 repeticiones.

3.7 INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN.

El método de cuantificación de erosión utilizando “colectores Gerlach” es ampliamente utilizado en muchas partes del mundo para medir la erosión hídrica que se produce en suelos, en países como España y Estados Unidos principalmente.

Este método utiliza La tabla de clasificación de grados y riesgos de erosión de la FAO, cuadro 9, que es un instrumento utilizado desde 1984, para determinar el nivel de degradación de los suelos como consecuencia del paso del agua.

El método es replicable por profesionales y funcionarios de instituciones involucradas en el sector agrario costarricense.

3.7.1 ANÁLISIS DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA GRANULOMETRÍA DE LOS SUELOS.

El análisis granulométrico de los suelos se realizó utilizando la prueba de Bouyoucos, que se basa en la ley de Stokes. Esta ley se refiere a la fuerza de fricción experimentada por objetos esféricos moviéndose en el seno de un fluido viscoso en un régimen laminar. Las partículas más finas tienen mayor superficie de exposición, por lo que sedimentarán más lentamente. (EcuRed, 2018).

Para el análisis de laboratorio se tomaron 6 muestras en cada parcela mediante el método de muestra compuesta, la cual consiste en la extracción de muestras simples o submuestras, mezcladas en un recipiente, de donde se retiraron 2 kg de suelo por cada parcela, con las que se analizó mediante el método de Bouyoucos.

3.7.2 TÉCNICAS DE RIEGO

Las técnicas de aplicación de agua para riego, por surcos utilizadas para esta investigación fueron:

- a) Técnica de riego mediante el uso de canales abiertos para conducir el agua a las “cabeceras” y aplicar el riego por surco mediante el uso de sifones.
- b) Técnica de riego usando tubería flexible de polietileno (P-E) para la conducción del agua a las “cabeceras”, y la aplicación del riego utilizando válvulas calibradas de compuertas o ventanas a cada surco.

3.7.3 CLASIFICACIÓN DE GRADOS Y RIESGOS DE EROSIÓN DE LA FAO

CUADRO 10. CLASIFICACIÓN DE GRADOS Y RIESGOS DE EROSIÓN DE LA FAO (1984).

Grado de erosión	Pérdida de suelo en t/ha	Riesgo de erosión
1	Menor a 0,5	Normal
2	0,5-5,0	Ligera
3	5-15	Moderada
4	15-50	Severa
5	50-200	Muy Severa
6	Mayor 200	Catastrófica

Fuente: FAO

3.7.4 CONSTRUCCIÓN DE LAS TRAMPAS O PRESAS:

Una vez escogido el sitio de la presa se procedió a excavar una zanja de 0.30 m de profundidad por 0.20 m de ancho, para anchar el geotextil sobre la sección hidráulica del drenaje; se utilizó una mezcla de concreto en la zanja para evitar que el agua filtre y socave la presa.

Para la construcción de las presas se utilizaron los siguientes materiales:

- Madera rolliza de 0.10 m de diámetro y 1.50 m de largo, alambre de construcción N°18 y malla geotextil de aproximadamente 2 m cuadrados por cada presa, se colocaron doble geotextil, para atrapar partículas más finas.
- El geotextil, se fijó a la armazón de madera para darle fortaleza, con el fin de que el peso y la energía del agua no lo arrastren. (Imagen 3).
- Para garantizar que solo se recolectaba el sedimento arrastrado, se procedió a revestir con plástico la sección del canal colector de drenaje, hasta donde se estimó que se depositaban los sedimentos (Imagen 9)
- A los 8 días después de los riegos se realizaron las mediciones de los sedimentos arrastrados con el fin de que perdieran humedad, y se facilitara la recolección y la medición.

3.7.5 CUANTIFICACIÓN DE LOS SEDIMENTOS

La recolección y cuantificación de los sedimentos se realizó de la siguiente manera:

- Con el uso de una pala se recoge y se apila el sedimento, cuidando de no romper el plástico instalado, para no alterar la muestra arrastrada por el agua.
- Una vez apilado el sedimento erosionado, se procede a medir con un recipiente de volumen conocido en metros cúbicos durante los 4 riegos aplicados a cada parcela.

Conocido los volúmenes de sedimentos (m^3) que se recolectaron, mediante una hoja de Excel se procedió a calcular las toneladas de suelo perdidos en cada riego con la ecuación 4: (Ver anexos, 11, 12, 13, 14).

$$t/ha = m^3 \times da/A: \quad \text{Ecuación N}^\circ 4$$

Donde:

t = Toneladas métricas

A= Área en hectáreas.

da = Densidad aparente en gramos por centímetros cúbicos (g/cm^3)

ha = Hectárea

Para establecer la densidad aparente se investigó en la biblioteca virtual del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y se encontró en un estudio de suelos realizado para el sector de Tamarindo del año 2000, que es de $1.12 g/cm^3$ (MAG, 2000).

3.8 PROCESO DE VALIDACIÓN

Para la evaluación de la erosión del suelo se utilizó el método de cuantificación de erosión “colectores Gerlach”, el cual consiste en la utilización de trampas de sedimento o presas. Las partículas (limos, arcillas, arenas y otros)

transportadas por el agua de riego se depositan y el agua finalmente se filtra por el geotextil como lo menciona (wishowskie, 1998) . Se seleccionó el sitio idóneo para la construcción de la trampa en el drenaje colector, con una sección hidráulica uniforme, estable, evitando la erosión en su alrededor. Se ubicó al final de cada parcela en la parte más baja.

3.9 MODELO MATEMÁTICO.

Las fórmulas matemáticas que se utilizaron fueron las ecuaciones 1, 2, y 3 (que aparecen en el anexo 1) para la determinación de las características físicas granulométricas de los suelos.

Para el cálculo de las toneladas de erosión, se utilizó la ecuación 4. Para el análisis de varianza (ANDEVA) y separación de medias, se usó el modelo matemático de LSD FISHER.

3.10 PRESUPUESTO.

CUADRO 11. PRESUPUESTO DE TESIS

UNIVERSIDAD TECNICA NACIONAL				
SEDE GUANACASTE				
PRESUPUESTO DE TESIS. Efecto del sistema de riego por superficie, utilizando dos técnicas de aplicación de agua; tubería flexible de polietileno (P.E) y canales abiertos, sobre la erosión del suelo en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).				
ÍTEM	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNIT.	TOTAL
			COLONES	COLONES
GEOTEXTIL	15	m ²	1 650,00	24 750,00
MADERA	25	mI	500,00	12 500,00
ALAMBRE NEGRO	5	KG	800,00	4 000,00
PLASTICO NEGRO	40	mI	1 100,00	44 000,00
MANO DE OBRA PARA RECOLECCIÓN Y MEDICIÓN	25,00	JORNALES	15 000,00	375 000,00
TRANSPORTE	15,00	UNIDAD	15 000,00	225 000,00
IMPREVISTOS			40 000,00	40 000,00
COSTO TOTAL DEL PROYECTO				725 250,00

Fuente: Elaboración propia

3.11 CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

CUADRO 12. CRONOGRAMA

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	Efecto del sistema de riego por superficie, utilizando dos técnicas de aplicación de agua; tubería flexible de polietileno (P.E) y canales abiertos, sobre la erosión y la fertilidad del suelo en el cultivo de caña de azúcar (<i>Saccharum officinarum</i>).																									
		TAREA	PLAZO	SEMANA																						
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
CONSTRUCCIÓN DE TRAMPAS	2 SEMANAS	■	■	■	■																					
INICO DE MEDICIÓN	12 SEMANAS					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■							
TABULACION DE MEDICIÓN	3 SEMANAS																	■	■	■						
PREPARACION DE INFORME	4 SEMANAS																				■	■	■	■		
INFORME	1 SEMANA																								■	
REVISIÓN	1 SEMANA																								■	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

4.1 PRESENTACIÓN DE LOS RESULTADOS.

Las hipótesis nula y alternativa son dos enunciados mutuamente excluyentes acerca de una población. Una prueba de hipótesis utiliza los datos de la muestra para determinar si se puede rechazar la hipótesis nula.

En esta investigación sobre el uso de sistemas de riego con tubería flexible de polietileno (P-E), según el análisis estadístico practicado a los tratamientos, no da certeza suficiente de que disminuye la erosión del suelo con respecto a la técnica de aplicación de agua con canales abiertos con sifones, por lo tanto, se debe aceptar la hipótesis alternativa.

La hipótesis nula se rechaza en favor de la hipótesis alternativa, ya que hay suficiente evidencia muestral que sugiere que H_0 es falsa.

CUADRO 13. CARACTERÍSTICAS DE LAS PARCELAS DEL ASENTAMIENTO TAMARINDO BAGACES, GUANACASTE.

Parcela	Área ha	Tipo suelo	Pendiente %	Cultivo	Técnica de riego
85	3.56	Franco arenoso	5	Caña	Tubería flexible de polietileno (P-E)
51	5.50	Franco limoso	4	Caña	Tubería flexible de polietileno (P-E)
14A	4.20	Franco arcillo limoso	2	Caña	Sifones
14B	2.47	Franco arenoso	2	Caña	Sifones

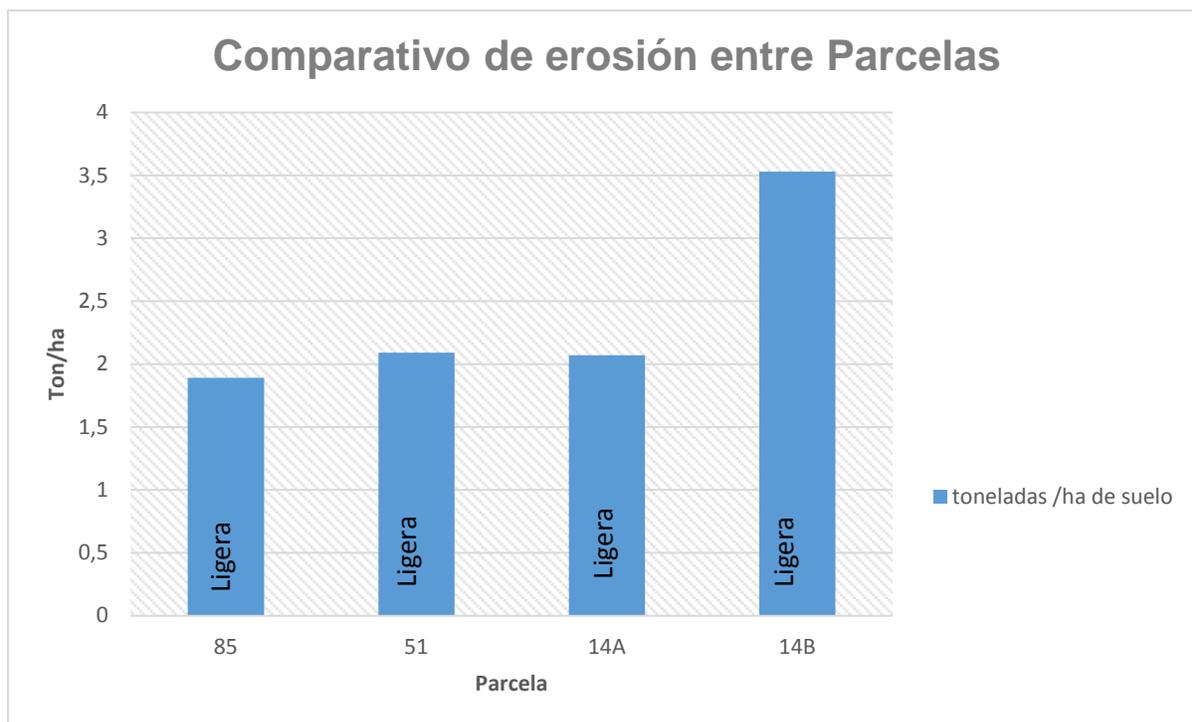
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 14. TONELADAS DE SUELO CAPTADO Y CLASIFICACIÓN DE LAS PARCELAS SEGÚN EL RIESGO DE EROSIÓN, FAO (1984).

Parcela	Tonelada de suelo ha ⁻¹	Riesgo de erosión
85	1.89	Ligera
51	2.09	Ligera
14A	2.07	Ligera
14B	3.53	Ligera

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 1 TONELAS DE SUELOS EROSIONADOS POR PARCELAS (T/HA)



Fuente: Elaboración propia

CUADRO 15. COMPARACIÓN DE MEDIAS DE SUELO EROSIONADO ENTRE PARCELAS.

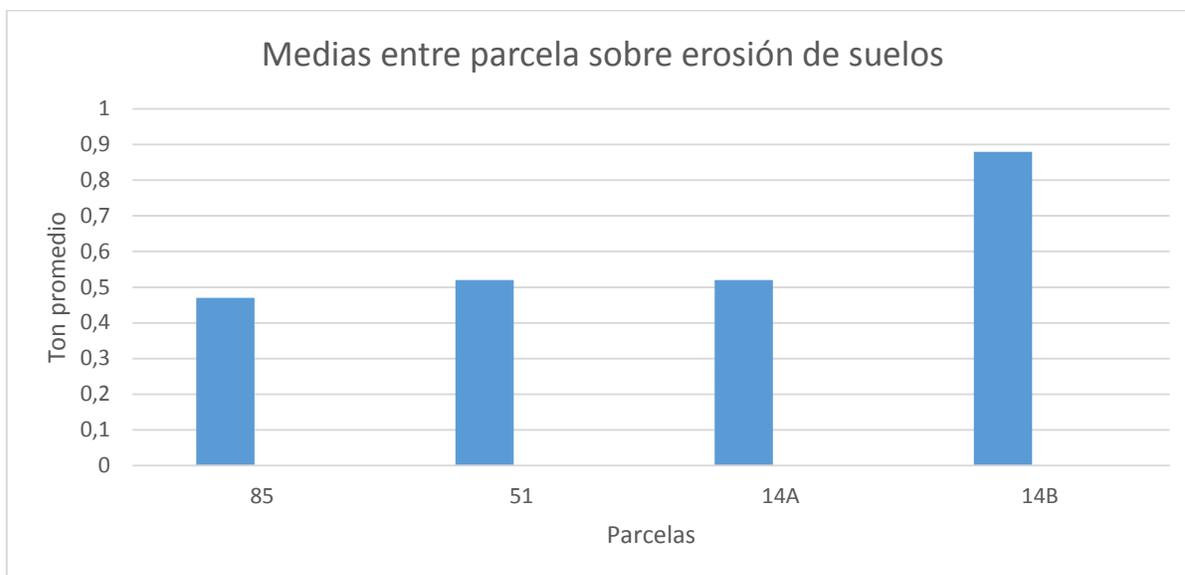
Parcela	Media de suelo en tonelada de suelo ha ⁻¹
85	0.47 ^a
51	0.52 ^{ab}
14 ^a	0.52 ^a
14B	0.88 ^{ab}

Fuente: Elaboración propia.

Parcelas con la misma letra, no difieren estadísticamente, según el análisis realizado con LSD FISHER, este trabajo tiene un nivel de significancia del 5 %, lo que indica que el nivel de Confianza que aceptamos es del 95%.

Las parcelas 14B y 51, como se observa en el cuadro 13, no mostraron diferencias significativas, pero el análisis de separación de medias las ubica en un grupo diferentes (AB) con respecto a las parcelas 85 y 14A. Estas últimas 2 parcelas no difieren estadísticamente, el análisis de medias las ubica entre el grupo (A).

GRÁFICO 2. MEDIAS ENTRE PARCELAS SOBRE EROSIÓN DE SUELOS



CUADRO 16. ANÁLISIS DE VARIANZAS Y CLASIFICACIÓN DE GRUPOS POR TRATAMIENTO, SEGÚN EL ANÁLISIS CON LSD FISHER

Tratamientos	Coefficiente de Variación (CV)	Grupos
85-14A	19.55	AA
51-14B	13.27	AB
51-14A	12.80	AA
85-14B	17.25	AB

Fuente: Elaboración propia

4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.

La parcela N°14 B, con un área regable de 2.47 ha, una pendiente de 2 %, un suelo tipo franco arenoso, una técnica de riego de canales abiertos con uso de

sifones y un cultivo de caña de azúcar planta, no mostró diferencia significativa, pero el análisis de separación de medias la ubica en un grupo diferentes (AB) con respecto a las demás parcelas (mayor erosión). Los sedimentos medidos fueron en total de 3.53 t/ha, en las 4 repeticiones.

Según la tabla comparativa de la FAO (1984), indica que, cuando se erosiona una cantidad de entre 0.5 a 5 toneladas de suelo ha^{-1} , el grado es 2 y el riesgo es ligero.

La mayor cantidad de erosión producida en las 4 repeticiones de la parcela 14B, corresponde a la cuantificación realizada en el segundo riego con una cantidad de 1 t/ha, y la menor cantidad de 0.77 t/ha en el cuarto riego, la media es de 0.88 t/ha; mientras que las demás parcelas oscilan en promedio entre 0.47 a 0.52 t/ha, lo cual se puede observar en el cuadro 9.

Al realizar un análisis de los factores que pudieron haber ocasionado la mayor erosión en la parcela 14B con respecto a las demás, se deduce que esta parcela por su ubicación y diseño parcelario de riego, descarga directamente al drenaje principal (colindante), la descarga del agua de drenaje de los riegos fue directamente en 3 sitios, este drenaje tiene una profundidad de 1,10 m, lo cual ocasionó un desprendimiento del talud del canal considerable, que es parte de la erosión, el cual se tuvo que cuantificar al quedar atrapado el sedimento en la trampa por efecto de la caída del agua como se muestra en los anexos 17 y 18.

Mientras que las otras parcelas descargan las aguas de drenaje a un canal parcelario con sección hidráulica menor con una profundidad 0.50 m.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

La erosión que ocurrió en las 4 parcelas del asentamiento Tamarindo de Bagaces, fue grado 2 y con un riesgo ligero sobre los suelos, conforme a la tabla comparativa de la FAO (1984), usada como referencia técnica en este trabajo, se puede concluir, por lo tanto, que, los efectos sobre la productividad del suelo no tienen un alto riesgo de afectación.

La información disponible de investigación sobre la severidad de la erosión del suelo con riego en el país es escasa, por no decir nula; lo anterior dificulta el análisis, las comparaciones, conclusiones y la puesta en práctica de estrategias efectivas de conservación y rehabilitación de los suelos.

La erosión del suelo que ocurrió en las 4 parcelas es de categoría ligera, concluyéndose que la preparación del suelo no alteró la granulometría de éste, manteniéndose la estructura natural, evitando el acarreo de partículas finas por el flujo del agua de riego.

El uso de los dos sistemas de aplicación de agua de riego por gravedad; tubería flexible de polietileno (P-E) y canales abiertos con el uso de sifones, no influenciaron los niveles de erosión en ninguno de los tratamientos.

5.2 RECOMENDACIONES

Aplicar una efectiva conservación del suelo desde ya es un deber moral irrenunciable de toda la población; su realización práctica está todavía alcance y constituye una línea de conducta que puede ser llevada a cabo de manera individual y colectiva, sin esperar a que nos sea impuesta por las leyes o por las autoridades, la cual va siendo lentamente sensibilizada sobre los problemas medioambientales que se están generando.

Realizar esfuerzos para que se aplique la Ley 7779 del MAG sobre uso, manejo y conservación de suelos.

Construir zanjas colectoras de drenaje parcelario con una profundidad no mayor de 0.20 m, ya que de lo contrario ocasionan cárcavas y erosionan el suelo en mayor grado.

Según sea la topografía de la parcela, diseñar al mínimo permisible las pendientes de los surcos para que la velocidad del agua no arrastre la capa superior del suelo.

Realizar capacitaciones permanentes a los productores, regadores y técnicos en el manejo del agua dentro de las parcelas sembradas de caña de azúcar.

Disminuir al mínimo la preparación de los suelos y seleccionar el equipo adecuado para evitar la erosión en la aplicación de los riegos.

Controlar y vigilar el riego de las parcelas durante las 24 horas del día, para evitar que el agua salga al final de los surcos durante mucho tiempo ocasionando desperdicio de agua y erosión.

Disminuir la cantidad de aplicaciones de herbicidas del grupo de los glifosatos en los entresurcos de la plantación de caña, que permita la permanencia de vegetación de porte bajo, que retenga el suelo e impida el arrastre del agua.

Evitar las quemas de la plantación de caña en la cosecha, así como de los rastrojos, que permita mantener una cobertura vegetal en la parcela.

Implementar el uso de productos biológicos en el cultivo de caña de azúcar, con el fin de minimizar el efecto de los productos químicos en el suelo y el medio ambiente.

Recomendar a las instituciones dedicadas a la investigación involucradas en el sector agropecuario, tales como el INTA, el MAG, el INA y las universidades, entre otras, promover más estudios de este tipo, tanto en el sector de Tamarindo, como en otros asentamientos.

CAPÍTULO VI. BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

6.1 BIBLIOGRAFÍA

ABC Revista. (4 de Noviembre de 2005). Obtenido de <http://www.abc.com.py/articulos/nutrientes-del-suelo-866315.html>

AgroES.es. (sf). Obtenido de <http://www.agroes.es/agricultura/agua-riegos-regadios/312-erosion-del-suelo-del-riego-agricultura>

al, B. e. (2009). Obtenido de https://www.u-cursos.cl/medicina/2009/1/OBEPIDEM4/1/material_docente/previsualizar?id_material=208067

AL, C. H. (2014). *Ministerio de agricultura y ganaderia*. Obtenido de ASOCIACIÓN COSTARRICENSE DE LA CIENCIA DEL SUELO: http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html

al, F. B. (s.f). *CARACTERISTICAS DE LOS PRINCIPALES ORDENES DE SUELOS PRESENTES EN COSTA RICA*. San José: UCR.

Alfaro, M. e. (1991). *Taller de erosión de suelos memoria*. Heredia: Universidad Nacional.

Brunel, N. e. (2011). *Revistas electrónicas UACH*. Obtenido de http://mingaonline.uach.cl/scielo.php?pid=S0304-88022011000100001&script=sci_arttext

Conceptodefinicion.de. (22 de febrero de 2015). Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/metodo-cualitativo/>

Contraloría General de la República. (2013). *Sistema Integrado de Información Municipal. Índice de Gestión Municipal 2012*. San José: CGR.

EcuRed. (23 de julio de 2018). Obtenido de https://www.ecured.cu/Ley_de_Stokes

FAO. (s.f.). Obtenido de Portal de Suelos de la FAO: www.fao.org/soils-portal/soil-survey/es/

FAO . (2015). *Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la agricultura*. Obtenido de http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries_regions/CRI/indexesp.stm

FAO. (2000). *Manual on integrated soil management and conservation practices*. Obtenido de <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/FAO-2000.pdf>

FAO. (2001). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*.
FAO.

FAO. (2008). FAO advierte erosión del suelo afecta 20% de las tierras agrícolas del mundo. *Hoy digital*. Obtenido de <http://hoy.com.do/fao-advierte-erosion-del-suelo-afecta-20-de-las-tierras-agricolas-del-mundo/>

Hernández, f. y. (2003). *Metodología de la Investigación* . Obtenido de <https://es.slideshare.net/albescas/metodologa-de-la-investigacin-hernandez-sampieri-8385385>

Hernández-Sampie, R. (2017). Obtenido de <https://administracionpublicauba.files.wordpress.com/2016/03/hernc3a1ndez-samipieri-cap-12-el-inicio-del-proceso-cualitativo.pdf>

- I, m. (4 de abril de 2001). avaluaos del distrito de riego. *la nacion*, págs. 14-15.
- Lal, R. (enero de 2003). *Research Gate*. Obtenido de The Global Impact Of Soil Erosion On Productivity: I: Absolute and Relative Erosion-induced Yield Losses:
https://www.researchgate.net/publication/222204398_The_Global_Impact_Of_Soil_Erosion_On_Productivity_I_Absolute_and_Relative_Erosion-induced_Yield_Losses
- MAG. (2000). *Estudio semidetallado de suelos de asentamiento Falconiana, Bagaces, Guanacaste*. San José: 2000.
- Mannix, J. e. (1983). *Estudio de suelos y clasificacion de tierras con fines de riego del Valle del Tempisque*. San José.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería*. (2000). Obtenido de (http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html)
- Morales, L. (2000). *Cultivo de arroz*. San Jose: Editorial UNED.
- O, S. (24 de octubre de 2015). *Research Gate*. Obtenido de EFECTOS DE LA EROSIÓN EN LAS PROPIEDADES DEL SUELO:
https://www.researchgate.net/publication/271353650_EFECTOS_DE_LA_EROSION_EN_LAS_PROPIEDADES_DEL_SUELO
- Rodriguez, A. (2013). *El financiero*. Obtenido de <https://www.elfinancierocr.com/negocios/pablo-andres-imbach-bartol/XYPQZQ735NAP5BZZNYQ2XZN3WE/story/>

SAGARPA. (sf). *Abonos organicos*. Mexico: SAGARPA. Obtenido de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Abonos%20organicos.pdf>

Sampieri, H. (sf). Obtenido de http://eduvirtual.cuc.edu.co/moodle/pluginfile.php/197667/mod_resource/content/0/Hernández%20Sampieri%20Metodología%20de%20la%20Investigación%206%20ed%20Cap%205.pdf

Vahrson Gunter. (1993). *Erosión y Conservación de los suelos en Costa Rica*. Heredia: Portal electrónico de Revistas Académicas de la Universidad Nacional. Recuperado el 01 de julio de 2018, de <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/3005/0>.

wishowskie. (1998). *Métodos para la cuantificación de la pérdida de suelo y aguas tras incendios forestales, con especial referencia a las parcelas experimentales*. Obtenido de <https://docplayer.es/82341122-Metodos-para-la-cuantificacion-de-la-perdida-de-suelo-y-aguas-tras-incendios-forestales-con-especial-referencia-a-las-parcelas-experimentales.html>

6.2 ANEXOS

ANEXO 1

METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELO

En el laboratorio, se pesan 50 g de suelo seco, se pasa a un cilindro graduado de 1000 mL, adicionando 10 mL de solución dispersante que consiste en agua destilada y peróxido de hidrogeno (H₂O₂ 35 %) suficiente para eliminar la materia orgánica que le componía.

Se coloca el contenido en el vaso de una batidora especialmente diseñada, se le agregan agua hasta completar 1000 mL y se licua durante 10 minutos.

Se agita la suspensión unas 10 veces, vigorosamente, con un émbolo de caucho y se deja reposar, tomando registro del tiempo a partir del momento en se retire el émbolo.

A los 40 segundos del reposo se hace la primera lectura con el hidrómetro; con esta lectura se calcula el contenido de arena (A%) mediante la ecuación N°1.

$$A(\%) = 100 - \left(\frac{\text{Lectura corregida } 40s}{\text{Peso muestra } 50g} \times 100 \right) \quad \text{Ecuación N°1}$$

Donde:

A (%): Porcentaje de arena presente en la muestra.

Lectura corregida a los 40 segundos

Peso de muestra (50 gramos)

Se deja el recipiente sin disturbar la solución durante 2 horas.

Se hace la siguiente lectura.

Para el cálculo del contenido de arcilla (% Ar) se utiliza la ecuación N°2

$$Ar(\%) = \frac{\text{Lectura corregida } 2h}{\text{Peso muestra}} \times 100 \quad \text{ecuación N°2}$$

Donde:

Ar (%): porcentaje de arcilla.

Peso de la muestra: 50 gramos de suelo

Para el calcula del contenido de limo (% L) se usa la ecuación N°3.

$$L (\%) = 100 - [A(\%) + Ar(\%)] \quad \text{ecuación N°3}$$

Donde:

L (%): porcentaje de limo.

A (%): porcentaje de arena.

Ar (%): porcentaje de arcilla.

Los porcentajes obtenidos se llevan al triángulo textural, que es la clasificación del Departamento de Agricultura de los EEUU (USDA). (Anexo 5)

IMAGEN 3. ESQUEMA DE CONSTRUCCIÓN DE LA TRAMPA O PRESA DE SEDIMENTOS

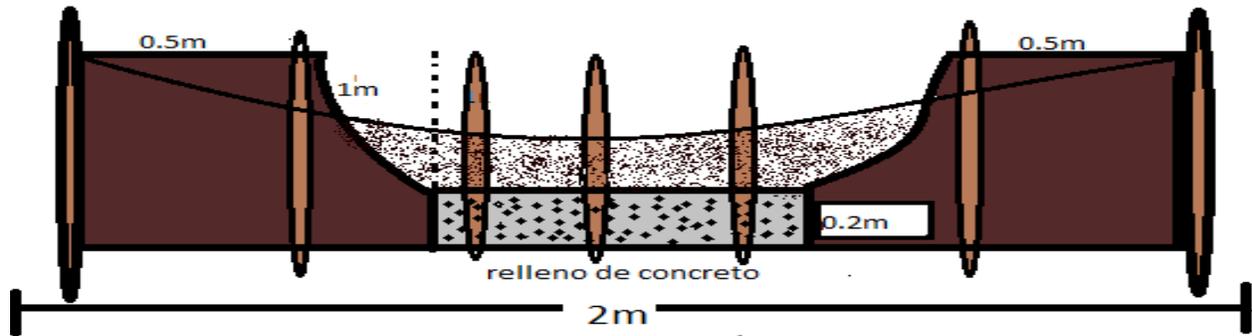
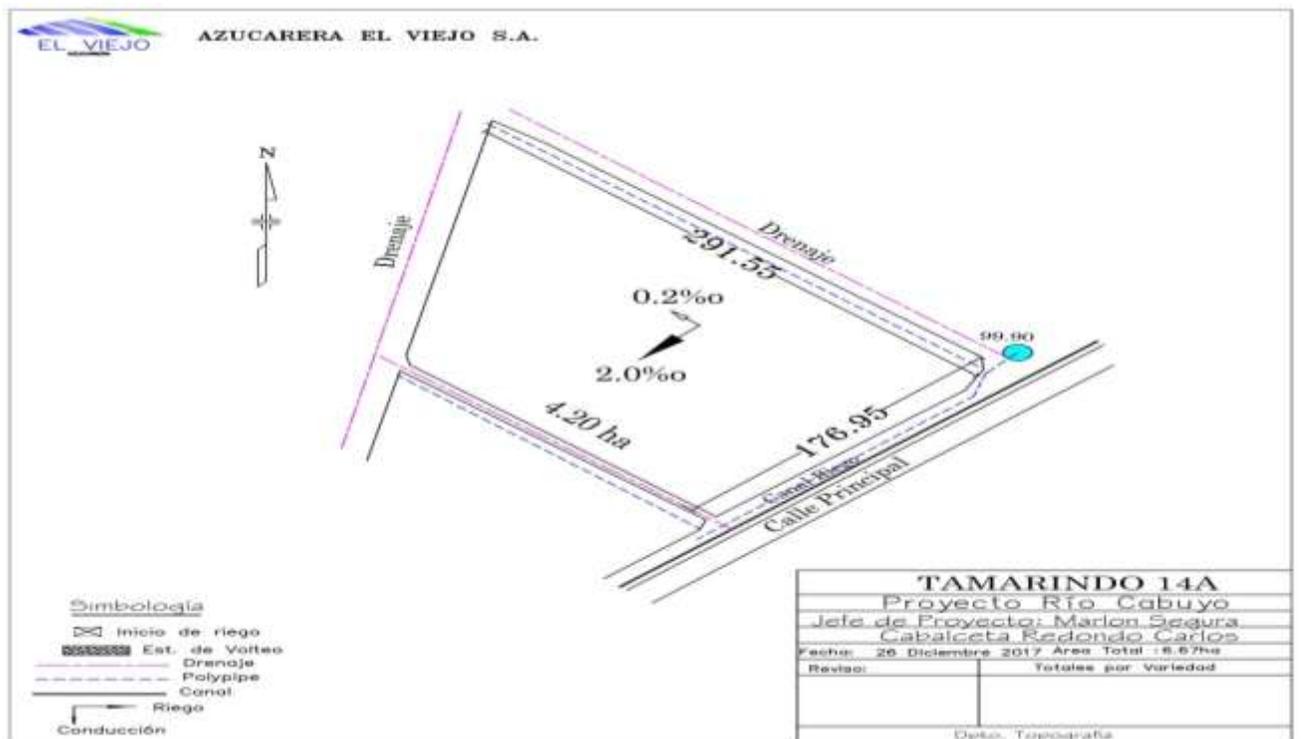
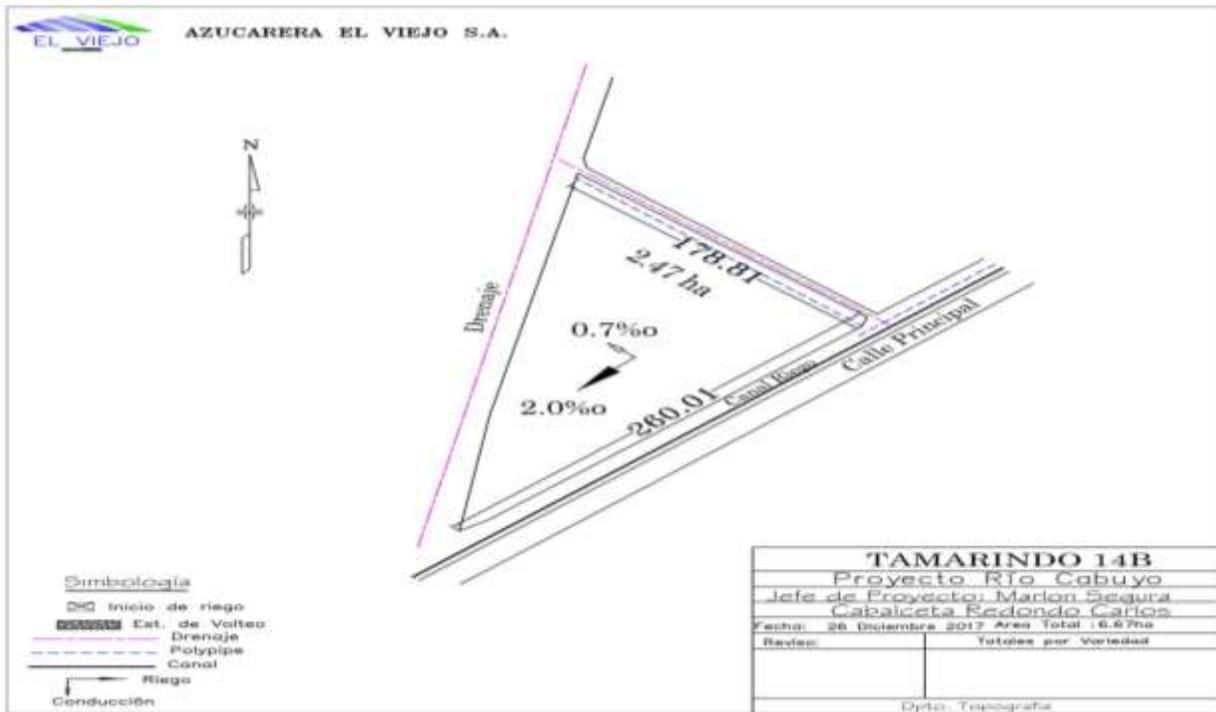


IMAGEN 4. DISEÑO DE RIEGO PARCELA 14 A.



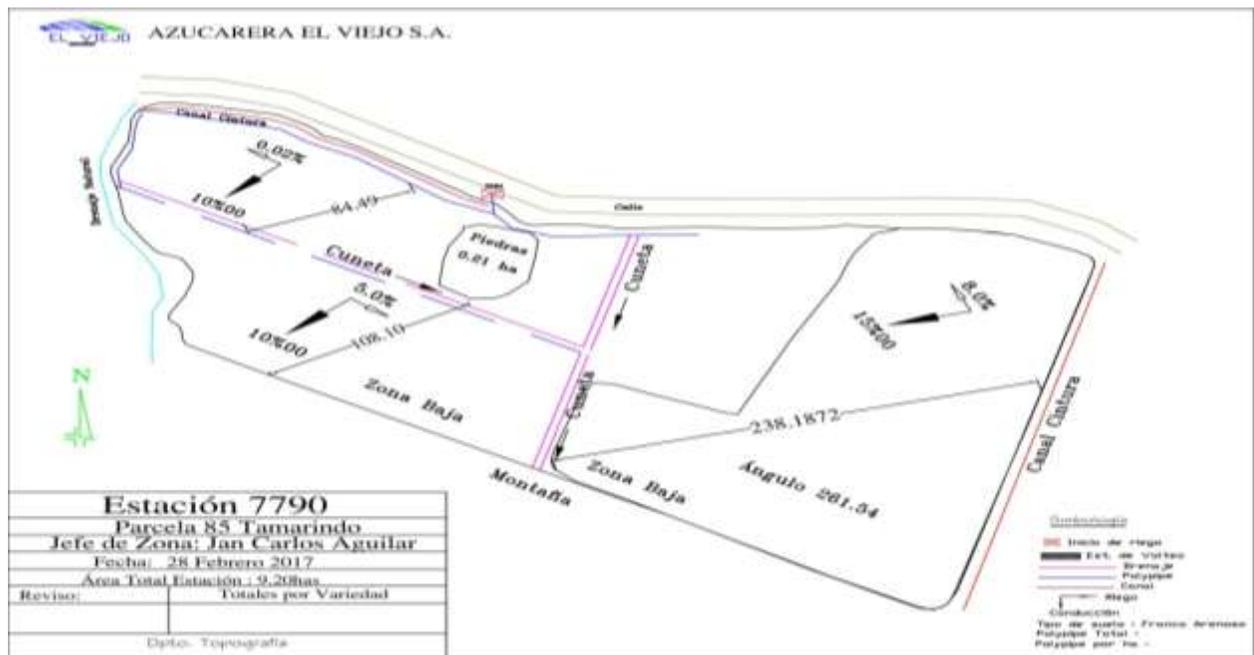
Fuente: Departamento De Ingeniería Azucarera El Viejo, 2018

IMAGEN 5. DISEÑO DE RIEGO PARCELA 14 B.



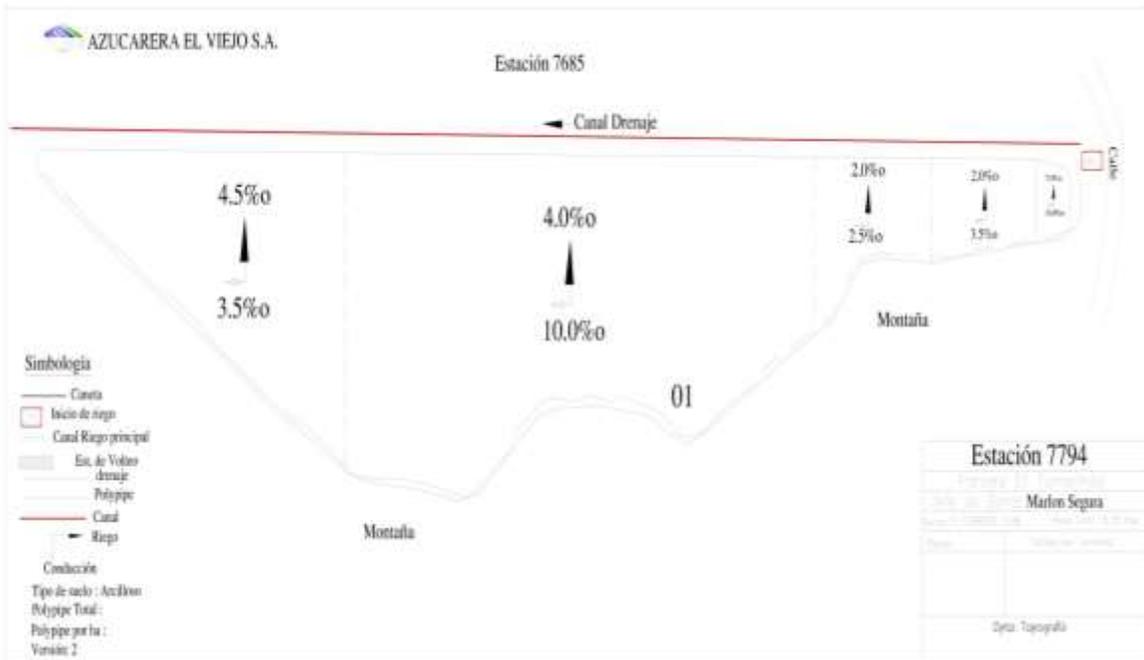
Fuente: Departamento de Ingeniería Azucarera El Viejo, 2018

IMAGEN 6. DISEÑO DE RIEGO PARCELA 85.



Fuente: Departamento De Ingeniería Azucarera El Viejo, 2018

IMAGEN 7. DISEÑO DE RIEGO PARCELA 51.



Fuente: Departamento de Ingeniería Azucarera El Viejo, 2018

IMAGEN 8. EROSIÓN EN PARCELAS DESPUÉS DE RIEGOS



IMAGEN 9. RECOLECCIÓN Y MEDICIÓN DE SEDIMENTOS.



IMAGEN 10. PRESA EN FUNCIONAMIENTO PARA LA RECOLECCIÓN SEDIMENTOS.



IMAGEN 11. CONSTRUCCIÓN DE SISTEMA DE DRENAJE PARA RECOLECCIÓN DE SEDIMENTOS.



IMAGEN 12. RECOLECCIÓN Y MEDICIÓN DE SEDIMENTOS



IMAGEN 13. TRAMPA O PRESA LISTA PARA LA COLECTA DE SEDIMENTOS.



IMAGEN 14. FOTO DE TRAMPA O PRESA EN CONSTRUCCIÓN PARA LA CAPTACIÓN DE LOS SEDIMENTOS



IMAGEN 15. REVESTIMIENTO CON PLÁSTICO PARA EVITAR ALTERAR LA RECOLECCIÓN.



IMAGEN 16. SITIO DE PRESA EL SUELO EN PROCESO DE SECADO PARA LA RECOLECCIÓN.



IMAGEN 17. REALIZANDO INSPECCIÓN PARA LA RECOLECCIÓN Y MEDICIÓN DE SEDIMENTOS



IMAGEN 18. RECOLECCIÓN DE SEDIMENTOS PARA LA MEDICIÓN.



IMAGEN 19. DESPRENDIMIENTO DE TALUD POR EL RIEGO PARCELA 14B



IMAGEN 20. CANTIDAD DE SEDIMENTOS RECOLECTADOS EN EL SEGUNDO RIEGO EN PARCELA 14 B



IMAGEN 21. EXTRACCIÓN DE LOS SEDIMENTOS DE LA CUBETA DEL CANAL DE DRENAJE.



IMAGEN 22. RECOLECCIÓN DE SEDIMENTOS PARA MEDICIÓN.



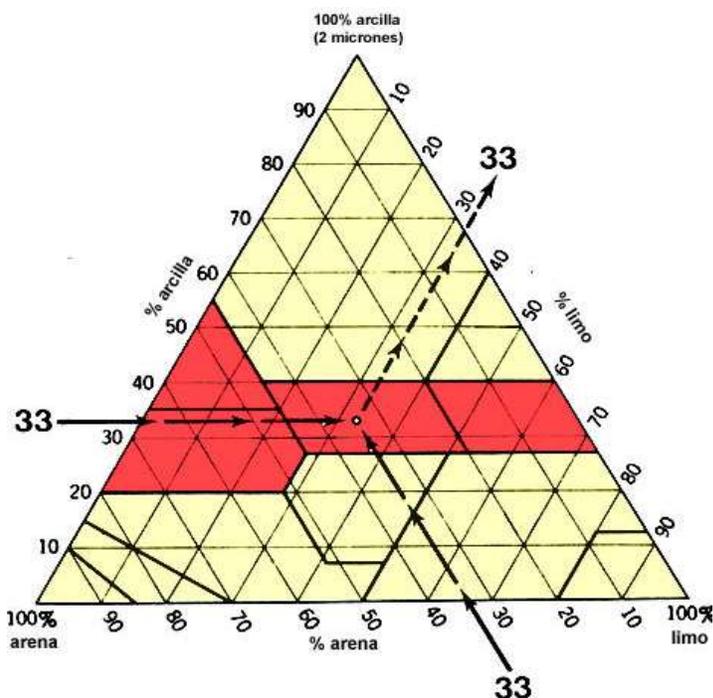
IMAGEN 23. RECOLECCIÓN DE SUELOS.



IMAGEN 24. TAMAÑO DEL CULTIVO AL FINAL DE LA RECOLECCIÓN Y MEDICIÓN DE LOS SEDIMENTOS



IMAGEN 25. TRIÁNGULO TEXTURAL USADO PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS DE LAS PARCELAS EN ESTUDIO.



CUADRO 17. CÁLCULO DE LA EROSIÓN PRODUCIDA EN T/HA, EN LA PARCELA 85.

INFORMACIÓN GENERAL		RESULTADOS		GRADO DE EROSIÓN							
Parcela N°	85	Pérdida de suelo (T/ha)	1,89	Grado de erosión	Perdida de suelo (T/ha año)	Riesgo de erosión					
Área (hectáreas)	3,56	Riesgo de erosión	Ligera	1	Menor a 0,5	Normal					
Cultivo	mbrá inicial caña planta			2	0,5-5,0	Ligera					
Caudal unitario usado (ls-1ha-1)	2			3	5,0-15	Moderada					
Tiempo de riego (horas)	5			4	15-50	Severa					
Volumen consumido (m³/ha)	Fórmula			5	50-200	Muy Severa					
Propietario				6	Mayor 200	Catastrófica					
Tipo suelo	Franco arenoso										
Técnica riego	Uso de Polípipe										
Pendiente	5%										
Instrumento de medición (m³)	0,03										
MEDICIONES DE CAMPO											
Medición	Fecha	Hora	Eficiencia de riego	Dap	Volumen de recolección			Peso húmedo (Kg)	Peso seco (Kg)	Contenido de humedad	
					Cubetas	m³/ha	Ton/ha				
1	10/feb/18	9 am		1,1	65,0	0,55	0,60	90	50	40	
2	15/mar/18	9 am		1,1	58,0	0,49	0,54	90	50	40	
3	28/mar/18	9 am		1,1	45,0	0,38	0,42	90	50	40	
4	10/abr/18	9 am		1,1	35,5	0,30	0,33	90	50	40	
							1,89				

CUADRO 18. CÁLCULO DE LA EROSIÓN PRODUCIDA EN T/HA, EN LA PARCELA 51.

INFORMACIÓN GENERAL		RESULTADOS		GRADO DE EROSIÓN		
Parcela N°	51	Pérdida de suelo (T/ha)	2,09	Grado de erosión	Pérdida de	Riesgo de
Área (hectáreas)	5,5	Riesgo de erosión	Ligera	1	Menor a 0,5	Normal
Cultivo	siembra inicial caña planta			2	0,5-5,0	Ligera
Caudal unitario usado (ls-1ha-1)	2			3	5,0-15	Moderada
Tiempo de riego (horas)	5			4	15-50	Severa
Volumen consumido (m³/ha)	Fórmula			5	50-200	Muy Severa
Propietario				6	Mayor 200	Catastrófica
Tipo suelo	Franco limoso					
Técnica riego	Uso de Polipipe					
Pendiente	4%					
Instrumento de medición (m³)*	0,03					

MEDICIONES DE CAMPO										
Medición	Fecha	Hora	Eficiencia de riego	Dap	Volumen de recolección			Peso húmedo (Kg)	Peso seco (Kg)	Contenido de humedad
					Cubetas	m³/ha	Ton/ha			
1	22/feb/18	7:00 a.m.		1,1	102,0	0,56	0,61	90	50	40
2	18/mar/18	9 am		1,1	89,0	0,49	0,53	90	50	40
3	11/abr/18	9 am		1,1	82,0	0,45	0,49	90	50	40
4	05/may/18	9 am		1,1	75,0	0,41	0,45	90	50	40

CUADRO 19. CÁLCULO DE LA EROSIÓN PRODUCIDA EN T/HA, EN LA PARCELA 14A.

INFORMACIÓN GENERAL		RESULTADOS		GRADO DE EROSIÓN		
Parcela N°	14-A	Pérdida de suelo (T/ha/año)		Grado de erosión	Pérdida de suelo (T/ha año)	Riesgo de erosión
Área (hectáreas)	4,2	Riesgo de erosión, 207		1	Menor a 0,5	Normal
Cultivo	siembra inicial caña planta			2	0,5-5,0	Ligera
Caudal unitario usado (ls-1ha-1)	2			3	5,0-15	Moderada
Tiempo de riego (horas)	5			4	15-50	Severa
Volumen consumido (m³/ha)	Fórmula			5	50-200	Muy Severa
Propietario	Gerardo Marin Marin			6	Mayor 200	Catastrófica
Tipo suelo	Franco arcillo arenoso					
Técnica riego	Canales abiertos					
Pendiente	2%					
Instrumento de medición (m³)*	0,03					

MEDICIONES DE CAMPO										
Medición	Fecha	Hora	Dap	Volumen de recolección			Peso húmedo (Kg)	Peso seco (Kg)	Contenido de humedad	
				Cubetas	m³/ha	Ton/ha				
1	02/feb/18	7:00 a.m.	1,1	71,0	0,51	0,56	90	50	40	
2	08/mar/18	9 am	1,1	75,0	0,54	0,59	90	50	40	
3	22/mar/18	10am	1,1	60,0	0,43	0,47	90	50	40	
4	04/abr/18	9 am	1,1	58,0	0,41	0,46	90	50	40	
						2,07				

CUADRO 20. CÁLCULO DE LA EROSIÓN PRODUCIDA EN T/HA, EN LA PARCELA 14B.

INFORMACIÓN GENERAL		GRADO DE EROSIÓN	
Parcela N°	14-B	Pérdida de suelo (T/ha/año)	3,53
Área (hectáreas)	2,47		Ligera
Cultivo	Siembra inicial caña planta		
Caudal unitario usado (ls-1ha-1)	2		
Tiempo de riego (horas)	5		
Volumen consumido (m ³ /ha)	Fórmula		
Propietario	Gerardo Marin Marin		
Tipo suelo	Franco arenoso		
Técnica riego	Canales abiertos		
Pendiente	2%		
Instrumento de medición (m ³)*	0,03		

MEDICIONES DE CAMPO									
Medición	Fecha	Hora	Dap	Volumen de recolección			Peso húmedo (Kg)	Peso seco (Kg)	Contenido de humedad
				Cubetas	m ³ /ha	Ton/ha			
1	02/feb/18	7:00 a.m.	1,1	71,0	0,86	0,95	90	50	40
2	08/mar/18	9 am	1,1	75,0	0,91	1,00	90	50	40
3	22/mar/18	10am	1,1	60,0	0,73	0,80	90	50	40
4	04/abr/18	9 am	1,1	58,0	0,70	0,77	90	50	40

CUADRO 21. ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III), PARCELAS 81 VS 14A.

Tratamiento	Repetición	Ton/ha
Polypipe	1	0,60
Polypipe	2	0,54
Polypipe	3	0,42
Polypipe	4	0,33
Sifon	1	0,56
Sifon	2	0,59
Sifon	3	0,47
Sifon	4	0,46

Variable	M	R ²	R ² Aj	CV
Ton /ha	8	0,07	0,00	19,55

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	4.3E-03	1	4.3E-03	0.48	0.5146
Tratamiento	4.3E-03	1	4.3E-03	0.48	0.5146
Error	0.06	6	0.01		
Total	0.06	7			

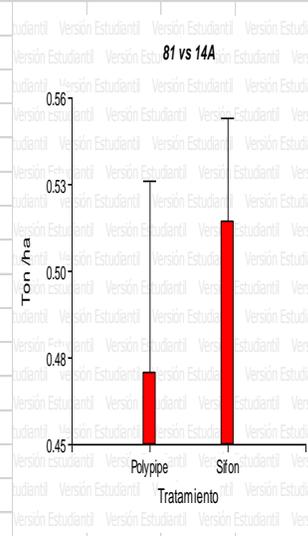
Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.16786

Error: 0.0094 gl: 6

Tratamiento Medias n E.E.

Tratamiento	Medias	n	E.E.
Polypipe	0.47	4	0.05 A
Sifon	0.52	4	0.05 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)



CUADRO 22. ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III), PARCELAS 51 VS 14B.

Tratamiento	Repetición	Ton/ha
Polypipe	1	0,61
Polypipe	2	0,53
Polypipe	3	0,49
Polypipe	4	0,45
Sifon	1	0,95
Sifon	2	1,00
Sifon	3	0,80
Sifon	4	0,77

Ton / ha					
Variable	N	R²	R² Aj	CV	
Ton / ha	8	0.83	0.81	13.27	

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.26	1	0.26	30.02	0.0015
Tratamiento	0.26	1	0.26	30.02	0.0015
Error	0.05	6	0.01		
Total	0.31	7			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.16077
 Error: 0.0086 gl: 6
 Tratamiento Medias \pm E.E.

Polypipe	0.52	\pm 0.05 A
Sifon	0.88	\pm 0.05 B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

CUADRO 23. ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III), PARCELAS 51 VS 14A.

Tratamiento	Repetición	Ton/ha
Polypipe	1	0,61
Polypipe	2	0,53
Polypipe	3	0,49
Polypipe	4	0,45
Sifon	1	0,56
Sifon	2	0,59
Sifon	3	0,47
Sifon	4	0,46

Ton / ha					
Variable	N	R²	R² Aj	CV	
Ton / ha	8	0.00	0.00	12.80	

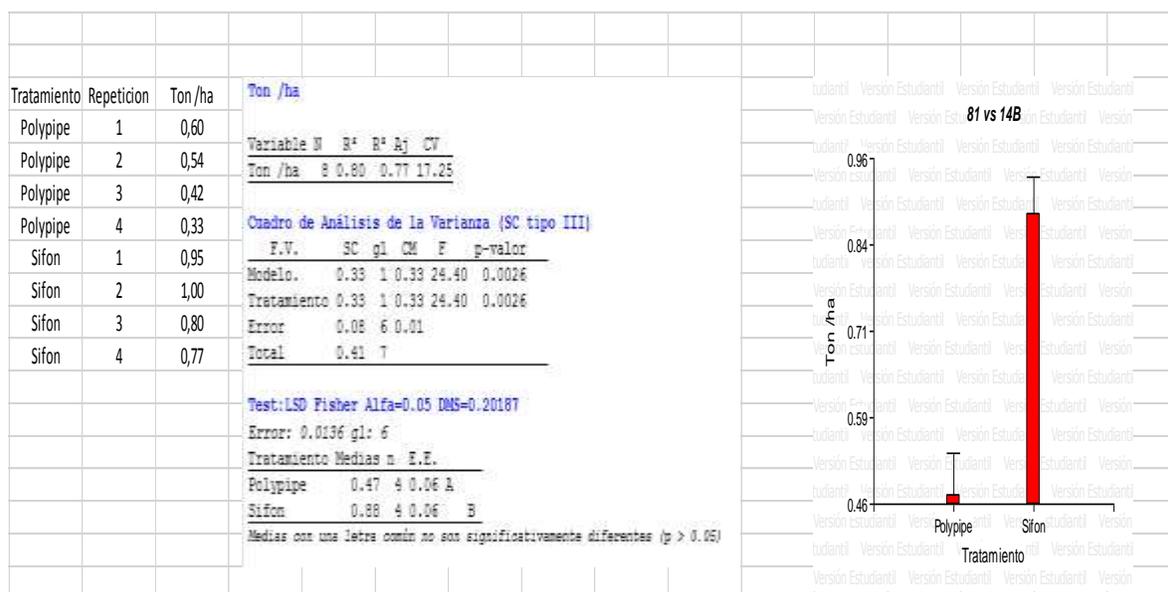
Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)					
F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Tratamiento	0.00	1	0.00	0.00	>0.9999
Error	0.03	6	4.4E-03		
Total	0.03	7			

Test: LSD Fisher Alfa=0.05 DMS=0.11520
 Error: 0.0044 gl: 6
 Tratamiento Medias \pm E.E.

Polypipe	0.52	\pm 0.03 A
Sifon	0.52	\pm 0.03 A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

CUADRO 24. ANÁLISIS DE VARIANZA (SC TIPO III), PARCELAS 85 VS 14B.



CUADRO 25. ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LOS CUATRO TRATAMIENTOS

