UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y EROSIÓN HÍDRICA EN UN SITIO CRÍTICO CON OBRAS DE BIOINGENIERÍA Y ABONOS VERDES EN LA COMUNIDAD DE NUEVA ESPERANZA EN DULCE NOMBRE DE CULMÍ, OLANCHO

POR:

JOSE ODILSON SALVADOR VASQUEZ

TESIS

CATACAMAS **OLANCHO**

MAYO, 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y EROSIÓN HÍDRICA EN UN SITIO CRITÍCO CON OBRAS DE BIOINGENIERÍA Y ABONOS VERDES EN LA COMUNIDAD DE NUEVA ESPERANZA, DULCE NOMBRE DE CULMÍ, OLANCHO

POR:

JOSE ODILSON SALVADOR VASQUEZ

OSCAR FERREIRA, M.Sc

Asesor Principal

TESIS PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

LICENCIADO EN RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE

CATACAMAS **OLANCHO**

MAYO, 2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE

PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Reunidos en la Sala de Información Geográfica (SIG), adscrita a la Facultad Ciencias de la Tierra y la Conservación de la Universidad Nacional de Agricultura la: **M Sc. OSCAR IVAN FERREIRA CATRILEO, M Sc. RAMON LEÓN CANACA CALDERÓN y el M Sc. ERLIN VIANNEY ESCOTO VALLADARES,** miembros del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante **JOSÉ ODILSON SALVADOR VÁSQUEZ** del IV Año de la Carrera de Recursos Naturales y Ambiente presentó su informe.

"ESCORRENTÍA SUPERFICIAL Y EROSIÓN HÍDRICA EN UN SITIO CRÍTICO CON OBRAS DE BIOINGENIERÍA Y ABONOS VERDES EN LA COMUNIDAD DE NUEVA ESPERANZA, DULCE NOMBRE DE CULMI, OLANCHO."

El cual a criterio de los examinadores, aprobó este requisito para optar al título Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente

Dado en la ciudad de Catacamas, Olancho, a los dos días del mes de mayo del año dos mil diecinueve.

M Sc. OSCAR IVAN FERREIRA CATRILEO
Consejero Principal

M Sc. RAMON LEÓN CANACA CALDERÓN
Examinador

M Sc. ERLIN VIANNEY ESCOTO VALLADARES
Examinador

DEDICATORIA

A DIOS todo poderoso, por su inmenso amor y su infinita misericordia que ha tenido con mi persona. Por haber guiado y cuidado cada uno de mis pasos desde el primer día que llegue a la universidad y por haber puesto en mi sabiduría necesaria para cumplir con mis objetivos.

A mis padres queridos JACOBO SALVADOR MARTINEZ y CATALINA VASQUEZ LOPEZ, por enseñarme el buen camino, inculcándome así los valores de honestidad humildad y responsabilidad, apoyándome en todo momento y demostrarme su amor incondicional.

A mi hermana REINA VERONICA SALVADOR por su motivación y apoyo incondicional en todo momento.

A mi hermano JOSE OLMAN SALVADOR VASQUEZ por su apoyo incondicional a estado siempre dándome ánimos para poder terminar bien mi carrera

A MIS TÍOS TÍAS Y AMIGOS por haberme brindado su apoyo cuando más los necesite, sobre todo a DELMY VASQUEZ LOPEZ Y ERNESTO SALVADOR MARTINEZ

A mi abuelo CRISTOBAL VASQUEZ MARTINEZ (QDDG) por su apoyo y sus consejos que sirvieron de mucho en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

A DIOS por brindarme fortalezas y sabiduría para emprender este reto y ayudarme a culminar con éxito mi carrera universitaria, por su fidelidad y amor que nunca me falte
A CRUZ ROJA HONDUREÑA/ CRUZ ROJA SUIZA por haberme brindado el apoyo económico para poder realizar el estudio, sin su ayuda este estudio no hubiese sido posible.

A mis asesores M.Sc. Oscar Ferreira Catrileo, M.sc. Erlin Vianey Escoto M.Sc. Ramón León Canaca. Por haber sido mis asesores en este estudio de investigación, agradezco por el apoyo brindado en todo el proceso de realización de esta práctica. Agradecer por la paciencia que han tenido y compartir sus conocimientos que sirvieron para el desarrollo de mi trabajo final, gracias por todo.

A mis compañeros de clase que siempre han estado apoyándome todos estos años en especial KATY YOLIBETH SALES PEREZ, RUTH NOHEMI PINEDA ROQUE Y ROBERTO CARLOS MILLA por su amistad incondicional.

A mis primos MISAEL MARTINEZ, DELMI SALVADOR Y BASILIA SALVADOR por su apoyo incondicional durante esta etapa de mi vida y agradecido con Dios por bendecir su vida y trabajo

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA, por ser mi alma mater y haber sido mi segundo hogar durante todo el proceso de formación

CONTENIDO

Pág.

DEDICATORIA ..... **iii**

AGRADECIMIENTO ..... **iv**

I.INTRODUCCIÓN **1**

II.OBJETIVOS **2**

2.1 OBJETIVO GENERAL 2

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 2

III. REVISIÓN DE LITERATURA 3

3.1 El suelo 3

3.2 Erosión hídrica 4

3.3 Factores de la erosión hídrica 4

3.4 Impacto y consecuencias de la erosión y sedimentación 5

3.5 Principales causas de la erosión hídrica 5

3.5.1 La Lluvia 5

3.5.2 Relieve 6

3.5.3 Deterioro del suelo 6

3.6 Tipos de erosión hídrica 7

3.6.1 Erosión por salpicada 7

3.6.2 Erosión laminar 7

3.6.3 Erosión por surcos 8

3.6.4 Erosión en barrancas o cárcavas 8

3.7 Erosión de los suelos en Honduras 8

3.8 Sistemas de control de la erosión 9

3.9 Bioingeniería del suelo 10

3.10 Ventajas de la bioingeniería 10

3.11 abonos verdes y plantas de cobertura 11

3.12 Importancia de los abonos verdes en el suelo 11

IV. MATERIALES Y MÉTODO 13

4.2 Área de estudio 13

4.3 Materiales y equipo 14
4.3 1 Medición de la erosión hídrica y la escorrentía 14
4.3.2 Descripción del estudio 14
4.3.2 Usos de Suelo 15
4.4 Unidad y diseño experimental 16
4.4.1 Identificación de Sitio Crítico 16
4.4.2. Estimación de la escorrentía con las parcelas 16
4.4.3. Estimación de la erosión hídrica 17
4.4.4 Programas para el ajuste de modelos sigmoidales 17
4.5 Escorrentía mediante parcelas de erosión 19
5.5 Relación de la precipitación y escorrentía en coberturas de abonos verdes 20
5.5.1 Escorrentía en el suelo con cobertura Dolichos 20
5.5.2 Escorrentía en el suelo con cobertura Canavalia 21
5.5.3 Escorrentía en el suelo con cobertura mucuna 21
5.5.4 Escorrentía en el suelo con cobertura mulch 22
5.5.5 Escorrentía en el suelo con cobertura maní forrajero 23
5.5.6 Escorrentía en el suelo sin cobertura 23
Calculo de erosión hídrica mediante parcelas de erosión 24
6.1 Relación de la precipitación y erosión en las parcelas 26
6.1.1 Erosión en el suelo con cobertura Dolichos 26
6.1.2 Erosión en el suelo con cobertura Canavalia 27
6.1.2 Erosión en el suelo con cobertura mucuna 27
6.1.3 Erosión en el suelo con cobertura mulch 28
6.1.4 Erosión en el suelo con cobertura maní forrajero 29
6.1.5 Erosión en el suelo sin cobertura 29
7.1. Costos de producción de las coberturas de abonos verdes 30
CONCLUSIONES 33
RECOMENDACIONES 34
VII.BIBLIOGRAFIA 35
ANEXOS 38

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Ubicación de las cinco parcelas de abonos verdes, en la comunidad de Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí, Olancho 13
Figura 2. Pasos para realización de la investigación en la comunidad de Nueva Esperanza de Dulce Nombre de Culmí, Olancho 15
Figura 3. Precipitación diaria en mm durante el periodo de estudio (Diciembre 2018 a Febrero 2019) utilizando el pluviómetro artesanal, en la comunidad Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí, Olancho 18
Figure 4. Escorrentía por uso de suelo mediante el periodo de estudio diciembre 2018 a febrero 2019 culmí las barras de error muestran la desviación estándar 19
Figura 5. Ajuste del modelo weibull para el suelo con cobertura de dolicho en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 20
Figura 6. Ajuste del modelo Weibull para el suelo con cobertura de canavalia en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 21
Figura 7. Ajuste del modelo Ratkowsky para el suelo con cobertura de mocuna en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 22
Figura 8. Ajuste del modelo Weibull para el suelo con cobertura de multch en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 22
Figura 9. Ajuste del modelo Weibull para el suelo con cobertura de mani forrajero en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 23
Figura 10. Ajuste del modeloWeibull para el suelo sin cobertura en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 24
Figura 11. Erosión por uso de suelo mediante el periodo de estudio *diciembre 2018 a* febrero 2019 Culmí. Las barras de error muestran la desviación estándar. 25
Figura 12. Ajuste del modelo Ratkosky para el suelo con cobertura dolichos en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 26
Figure 13. Ajuste del modelo MMF para el suelo con canavalia en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 27
Figure 14. Ajuste del modelo logistico para el suelo con mocuna en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 28
Figure 15. Ajuste del modelo logístico para el suelo con multch en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 28
Figure 16. Ajuste del modelo Ratkowsky para el suelo con Maní forrajero en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 29
Figure 17. Ajuste del modelo Ratkowsky para el suelo sin cobertura en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 30

LISTA DE CUADROS

Pág.

CUADRO 1. Modelos sigmoidales y sus ecuaciones que se ajustaron mejor de acuerdo a los datos en los usos de suelo sometidas a estudio en la comunidad de Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí 32

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Descripción de los tratamientos en el estudio de erosión y escorrentía en Dulce Nombre de Culmí, Olancho..... 15

Tabla 2. Descripción costos de implementación por hectárea de abonos verdes como cobertura..... 31

LISTADO DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Parcelas de erosión instaladas en comunidad de Nueva Esperanza y Dulce Nombre de Culmí, Olancho.....38

Anexo 2. Ficha de campo para toma de precipitación y erosión en sitios con obras de bioingeniería en estudio.....39

Anexo 3 .Recolección y tabulación de datos en estudio.....40

Anexo 4. Secado y peso del suelo.....41

Anexo 5.Formato para análisis de suelo. 42

Anexo 6. Análisis químico físico del suelo en parcelas de obras de bioingeniería en tres comunidades del municipio de Dulce Nombre de Culmí. (anexo a, anexo b).....44

SALVADOR VÁSQUEZ J.O. 2019 Escorrentía superficial y erosión hídrica en un sitio crítico con obras de bioingenieria y abonos verdes en la comunidad de Nueva Esperanza, dulce nombre de Culmí, Olancho. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras 58 p

RESUMEN

Este estudio se realizó en un sitio con obras de bioingeniería y coberturas de abonos verde en la comunidad de Nueva Esperanza en el municipio de Dulce Nombre de Culmí, en el departamento de Olancho, Honduras. Se ejecutó del 13 de octubre del 2018 al 19 de febrero del 2019. Para determinar la erosión hídrica y la escorrentía superficial y su relación con la precipitación en 6 tratamientos con obras de bioingeniería y coberturas de abonos verde: 1 con frijol dolichos, 2 con canavalia prueriens,3 mucuna, 4 Mulch, 5 Maní Forrajero, 6 suelo sin cobertura uno de los objetivos fue determinar la perdida de suelo y la escorrentía mediante parcelas de erosión, se establecieron 2 parcelas de erosión para cada uso de suelo de 3*4 metros (12 m^2). También se ajustaron modelos sigmoidales con el software Curve Expert 2.2.6 para predecir la perdida de suelo y la escorrentía con relación con la precipitación. En el periodo de estudio se registraron 20 eventos de lluvia desde el 9 de diciembre hasta el 27 de febrero del 2019 el cual se midió por cada evento, la cobertura con canavalia (1.50 kg/ha) fue el que presento menos perdida de erosión en comparación con las otras coberturas de estudio, dolichos (2.04kg/ha) veces menos la cobertura con mulch (2.20 kg/ha) veces menos que maní forrajero (3.68 kg/ha) veces, mucuna (5.30 kg/ha) veces menos que el suelo sin cobertura (12.53 kg/ha) veces. La cobertura de abono verde con canavalia fue el que mejores condiciones presento con respecto a la protección del suelo.

Palabras Claves: Cruz Roja Hondureña, modelos sigmoidales, modelo Weibull, parcelas de erosión y precipitación.

I.INTRODUCCIÓN

La erosión es uno de los principales indicadores de la degradación de los ecosistemas del recurso suelo, con importantes implicaciones ambientales y socioeconómicas que pueden conducir a la desertificación de las zonas más vulnerables. Los factores que controlan los distintos procesos erosivos dependen de la compleja interacción de fenómenos climáticos y antropogénicos de naturaleza muy variada. Además de los factores ambientales muchos autores insisten en relacionar la mayoría de los procesos de erosión con las actividades humanas (Romero *et al*. 1998).

Para minimizar el impacto de amenazas y así los riesgos, la Cruz Roja Hondureña en conjunto con la Cruz Roja Suiza implementa en las comunidades de diferentes municipios del departamento de Olancho medidas concretas de mitigación a través de micro proyectos en dichos municipios. Un eje importante de estos micro proyectos son las obras de bioingeniería o infraestructura verde, las cuales comprenden los abonos verdes aparte que tienen la capacidad de evitar la erosión del suelo, estas incorporan nutrientes esenciales y materia orgánica que son factores importantes para la planta, teniendo plantas sanas y nutritivas

Las obras de bioingeniería en su conjunto son de multi uso; tienen un bajo costo de construcción y mantenimiento, lo cual permite su adaptación por familias vulnerables con recursos económicos muy limitados; fortalecen las capacidades de las familias y comunidades para prevenir o reducir los riesgos de desastres y fomentar la salud y seguridad alimentaria.

II.OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la erosión hídrica y la escorrentía en un sitio crítico con obras de bioingeniería y abonos verdes en la comunidad de Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí, Olancho.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

a. Medir la escorrentía superficial en un sitio crítico con obras de bioingeniería en Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

b. Estimar la erosión hídrica en un sitio crítico con obras de bioingeniería en Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

c. Relacionar la erosión hídrica y la escorrentía a través de modelos, en el sitio de Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 El suelo

Se conoce como suelo la parte superficial de la corteza terrestre, conformada por minerales y partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento el agua y procesos de desintegración orgánica. Los suelos no siempre son iguales cambian de un lugar a otro por razones climáticas y ambientales, de igual forma los suelos cambian su estructura, estas variaciones son lentas y graduales excepto las originadas por desastres naturales (Marín 2007).

Jaramillo (2002) considera al suelo como un cuerpo natural cuyas propiedades interesan para establecer su origen y su clasificación, sin importar sus posibilidades de uso, el suelo es tomado como el soporte para las plantas, es decir, se estudia desde un punto de vista netamente práctico, orientado a obtener los mejores rendimientos agropecuarios.

El proceso de erosión incluye el desprendimiento y transporte de partículas insolubles, tales como arena, limo, arcilla y materia orgánica. El transporte puede ser lateral sobre la superficie o vertical en perfil del suelo a través de los espacios porosos vacíos y grietas. La remoción de materia soluble bajo la forma de sustancias disueltas se denominan erosión química, la que puede ser causada por la escorrentía superficial o por el flujo sub superficial (FAO 1997).

3.2 Erosión hídrica

La erosión hídrica es un proceso que se caracteriza por la desagregación de las partículas primarias y de los agregados de la masa del suelo, producto del impacto de la gota de lluvia o de la abrasión, y su transporte por salpicado o escurrimiento del agua según Denoia (2014) el impacto de la gota de lluvia sobre la superficie del suelo constituye el punto de partida del proceso erosivo, que continúa con el transporte de las partículas del material desprendido hacia la parte baja del terreno y finaliza cuando dicho material queda depositado en sectores bajos o es tomado por vías de escurrimiento y transportado nuevamente.

3.3 Factores de la erosión hídrica

Clima: entre los factores climáticos que más inciden en la erosión hídrica están la precipitación, el viento y la temperatura. Existe una estrecha relación entre las características de la precipitación y la escorrentía, el viento en muchos casos cambia la velocidad de la lluvia y su ángulo de impacto sobre el suelo, afectando sobre su fuerza erosiva (Andrade 2009).

Suelo: las propiedades físicas del suelo afectan la capacidad de infiltración y la distancia que sus agregados puedan dispersarse y transportarse por el impacto de las gotas de lluvias y la escorrentía. El valor de la erosión varía con la textura debido a la diferencia de la velocidad de infiltración, percolación y desagregación. Un suelo arenoso no puede retener mucha agua, por lo que el excedente pasa a las capas más profundas, al contrario, cuando llueve sobre un suelo arcilloso que contienen mucha humedad, la mayor cantidad corre sobre la superficie (Andrade 2009).

Topografía: es uno de los factores importantes de la erosión en las tierras planas, los suelos están más descubiertos, causando un proceso de degradación, siendo un depósito de sedimentos, el problema real de los suelos con pendientes altas es más vulnerables a la erosión que los de las tierras planas por la razón de que las fuerzas de erosión y el transporte tiene un efecto de magnitud superior en las altas pendientes.

Por tal razón las características topográficas que inciden en la erosión hídrica son la pendiente y la longitud de la ladera, así como la forma y tamaño del área de drenaje (Andrade 2009).

Vegetación: según Ibáñez (2006) la vegetación protege a la superficie del suelo del impacto directo del agua, sea esta proveniente de la lluvia o escorrentía. La vegetación protege al suelo mediante la intercepción y disminución o anulación de la energía con la que caen las gotas de lluvia ya sea mediante las hojas, tallos o los residuos de las plantas. La reducción de la velocidad del agua de escorrentía por efecto de la resistencia hidráulica debido al "colchón" que forman los residuos vegetales o cubierta vegetal. El aumento de la capacidad de infiltración y almacenamiento del agua debido al mejoramiento de la estructura y porosidad del suelo por efecto de las raíces, los residuos vegetales y la actividad microbiana. El aumento de la resistencia del suelo a la erosión debido al "amarre" de las partículas que ocasionan las raíces de las plantas.

3.4 Impacto y consecuencias de la erosión y sedimentación

Los impactos generados por la erosión del suelo son diversos y las consecuencias económicas de ellos derivados son difíciles de estimar. La erosión reduce la capa fértil de los suelos, de igual forma se reduce la capacidad de retener agua (Morales 2016). Es difícil realizar una estimación de la cantidad de abonos y fertilizantes necesarios para reponer las pérdidas de nutrientes y materia orgánica perdidos por la erosión, pero desde luego, lo que es seguro es que se traduce en grandes inversiones monetarias. La erosión del suelo afecta también a los ecosistemas naturales, principalmente en las zonas donde se ha eliminado la cubierta vegetal provocando su destrucción total (Morales 2016).

3.5 Principales causas de la erosión hídrica

3.5.1 La Lluvia

La lluvia es uno de los factores climáticos más importantes que influye sobre la erosión.

El volumen y la velocidad de la escorrentía dependen de la intensidad, duración y frecuencia de la lluvia de estos factores, la intensidad es el más importante y las pérdidas por la erosión aumentan con las intensidades más altas de las lluvias. La duración de la lluvia es un factor complementario (FAO 2000).

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, aún si la lluvia es menos intensa. Después de largos períodos, el suelo está más seco y no debería haber escorrentía en 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 (FAO 2000).

3.5.2 Relieve

De acuerdo con Cisneros *et al*. (2012) dentro del relieve, el principal parámetro para tener en cuenta en los procesos de erosión hídrica es el grado o inclinación de la pendiente, la que se puede expresar en porcentaje o en grados sexagesimales, siendo el porciento de pendiente igual a la tangente del ángulo de inclinación de la misma (una pendiente del 5 % corresponde a un ángulo de inclinación de aproximadamente 3°; una pendiente de 100 % corresponde a una inclinación de 45°). La longitud de la pendiente es otro factor que define la cantidad de erosión de una ladera y la velocidad terminal de la escorrentía.

3.5.3 Deterioro del suelo

El suelo es un sistema complejo en el que tienen lugar procesos simultáneos de formación y destrucción que lo hacen evolucionar en el tiempo, los procesos de destrucción del suelo suponen una pérdida de calidad y se clasifican como una degradación del mismo. En numerosas ocasiones este fenómeno se ve acelerado por la intervención humana.

Los principales procesos de degradación del suelo son: Erosión hídrica, salinidad del suelo, contaminación química, la deforestación, desertificación, técnicas de monocultivos, y la minería (ONU 2010).

3.6 Tipos de erosión hídrica

3.6.1 Erosión por salpicada

Se debe al impacto de las gotas de lluvia sobre los agregados de un suelo desnudo. Se producen pequeños cráteres de impacto, con liberación de partículas, que se desplazan en un radio máximo de 150 cm, siendo las arenas finas las más afectadas. Puede dar origen a un sello o costra superficial que influirá negativamente en las velocidades iníciales de infiltración. Se relaciona directamente con la intensidad de la lluvia y su energía cinética e inversamente con la estabilidad de los agregados superficiales y la cobertura de residuos la presencia de vegetación arbórea puede incrementar este tipo de erosión por la formación de gotas más grandes a partir del flujo de hojas (Farfán 2002).

3.6.2 Erosión laminar

De acuerdo con Vahrson (1991) la erosión laminar está directamente relacionada con la salpicadura de la lluvia, a lo que se puede agregar, que en laderas más de la mitad de la salpicadura desciende por la misma. Si esta corriente se mantiene como una delgada lámina, el tipo de erosión que produce se conoce como erosión laminar. La erosión laminar y en surcos pequeños es la forma de erosión que más afecta la agricultura por degradación y pérdida del horizonte “A” de los suelos, y a la vez afecta más significativamente a la producción de sedimentos en los ríos.

3.6.3 Erosión por surcos

Ocurre cuando, productos de pequeñas irregularidades en la pendiente del terreno, la escorrentía se concentra en algunos sitios hasta adquirir volumen y velocidad suficientes para hacer cortes y formar surcos (Farfán 2002).

3.6.4 Erosión en barrancas o cárcavas

Se denomina cárcava al estado más avanzado de la erosión en surcos. En función de la pendiente y de la longitud de la ladera del terreno, el flujo concentrado de agua provoca el aumento de las dimensiones de los surcos formados inicialmente, hasta transformarse en grandes zanjas llamadas cárcavas (Velásquez 2012).

La erosión en cárcava consiste en el vaciado de las partículas del suelo o sustrato por un flujo concentrado que da lugar a estrechas incisiones, de mayor tamaño y profundidad que un reguero, (canal para conducir el agua) y que generalmente llevan agua sólo durante e inmediatamente después de fuertes precipitaciones (Velásquez 2012).

La formación de una cárcava por flujo superficial frecuentemente aparece ligada a un incremento en la escorrentía. Dicho incremento, puede deberse a varias causas: cambios en el uso del suelo, modificaciones en el área de drenaje motivadas por el hombre, eventos de precipitación de características extremas (Velásquez 2012).

3.7 Erosión de los suelos en Honduras

Tras largos años de uso incontrolado, predominan los suelos inestables con una marcada erosión; más del 60% se encuentra en situación de riesgo de deslizamiento y tan solo algo más del 15% de la superficie del país son tierras cultivables Es así que en Honduras la principal problemática del recurso suelo se refiere a la degradación y pérdida de suelos, como resultado de la intensa deforestación, cultivos y pastoreo en tierras de fuerte pendiente, o en tierras húmedas no aptas para esta actividad.

Aun así, más allá de éstas razones las raíces de la erosión y la degradación de las tierras son el resultado de la acción de fuerzas económicas y patrones no sustentables de desarrollo agrícola, aplicados en el pasado y aún en el presente (SERNA 2000).

Honduras presenta grandes extensiones de suelos poco profundos, la roca madre constituye tal vez el factor dominante en la determinación de las características del suelo. El perfil territorial y agroecológico de Honduras es el más variado de la región centroamericana.

El 61% de la superficie del país está constituido por montañas escarpadas, con pendientes de más del 40%. Además, aproximadamente el 72% del territorio nacional posee pendientes mayores al 15% y del total que representa ese porcentaje, casi un 60% son pendientes mayores al 30% (SERNA 2001).

Tras largos años de uso incontrolado, predominan los suelos inestables con una marcada erosión; más del 60% se encuentra en situación de riesgo de deslizamiento y tan solo algo más del 15% de la superficie del país son tierras cultivables (FAO 2010).

3.8 Sistemas de control de la erosión

La estabilización biotécnica y la bioingeniería de suelos tienen en común el uso de materia viva (vegetación), sin embargo, la ingeniería de estabilización emplea además de la vegetación, algunos elementos estructurales prefabricados de tipo mecánico que se acoplan entre sí para lograr la estabilización definitiva de un talud o un cuerpo de tierra. Los nuevos sistemas de ingeniería empleados para la estabilización frecuentemente se combinan con elementos biológicos (plantas) para lograr una sinergia entre ellos que ayude a prevenir la erosión y los deslizamientos en taludes (Centeno 2011).

3.9 Bioingeniería del suelo

Es una tecnología producto de la investigación científica, que se refiere a la prevención y control de problemas de erosión, protección, estabilización y restauración de laderas, con problemas de movimientos masales, integrando los procesos físicos, químicos y biológicos de los fenómenos degradativos, hasta hallar la relación causa efecto. La bioingeniería es considerada única, ya que las mismas partes de las plantas sirven como Elementos mecánicos a las estructuras principales, en los sistemas de protección de laderas y se transforman a través del tiempo en obras vivas que cada día son más fuertes. Estas obras se convierten en refuerzo mecánico, drenajes hidráulicos y barreras vivas para prevenir y controlar la erosión y los movimientos masales (Rivera 2009).

Las plantas vivas y otros materiales naturales han sido usados por siglos para controlar los problemas de erosión en suelos de ladera y a lo largo de las orillas de los ríos en diferentes partes del mundo. La estabilización con obras de bioingeniería es inmediata, ya que se intervienen las causas y no los efectos, y la vegetación sólo entra a ser un componente biológico complementario en la restauración definitiva del área degradada a través del tiempo, tal como lo hace equilibradamente la naturaleza sin la intervención del hombre (Rivera 2009).

De acuerdo con Down (2010) hace referencia que debido a estas características la bioingeniería se convierte en el aliado perfecto al momento de identificar y proponer medidas de reducción de riesgos y de adaptación al cambio climático, como pueden ser obras de protección a pequeña escala o de prevención relacionadas con estabilización de laderas, control de erosión, manejo de suelos.

3.10 Ventajas de la bioingeniería

La bioingeniería ha demostrado ser eficaz para controlar la erosión del suelo y los movimientos superficiales del subsuelo. Una estructura de bioingeniería es a menudo más eficaz con relación al costo.

• Si se establece y maneja bien, la vegetación tiende a fortalecerse con el tiempo, lo que hace que la bioingeniería tenga una mayor atracción.

• La bioingeniería utiliza materiales locales como vegetación y rocas; no depende de insumos importados ni de gastos en divisas. Contribuye a mitigar los efectos del cambio climático.

3.11 abonos verdes y plantas de cobertura

El término "abono verde" se refiere al uso de material vegetal verde (hojas, ramas) que no está descompuesto, para incorporarlo como fertilizante a la capa superficial del suelo. Las plantas que se usan como abono verde generalmente son leguminosas como la (*Canavalia ensiformis, Mucuna pruriens* frijol dolichos y mani forrajero *arachis pintoi*). Y algunas especies arbustivas y arbóreas como el gandul, madreado y pito entre otros. También se les llama plantas de cobertura porque permanecen mucho tiempo en la superficie del suelo cubriéndolo y protegiéndolo de la acción perjudicial de la lluvia al impactar directamente sobre el suelo. Antes de la siembra, se realiza la chapia o se cortan las plantas de cobertura y se incorporan al suelo con maquinaria o herramientas manuales, se dejan en la superficie descomponiéndose para que se incorporen poco a poco al suelo (FAO 2004).

3.12 Importancia de los abonos verdes en el suelo

El mayor beneficio que supone incluir el abono verde entre las rotaciones de nuestros cultivos, es la propiedad que tienen las especies pertenecientes a la familia de las leguminosas de fijar el nitrógeno atmosférico, aumentando las reservas de nitrógeno en el suelo, uno de los nutrientes más necesarios para el crecimiento de las plantas, y estando disponible para futuros cultivos. Esta propiedad se debe a la simbiosis de las raíces de las leguminosas frijol dolichos, *Canavalia ensiformis, Mucuna pruiriens, y* maní forrajero *Arachis pinto*i (Gonzales 2011).

4.1 Aportes de los abonos verdes al suelo

a. Mejora de la estructura del suelo

b. Menor compactación del suelo

c. Menor formación de costra superficial

d. Incremento de la biomasa y actividad biológica benéfica en el suelo

e. Mejora la infiltración y almacenaje del agua en el suelo

f. Facilitan la recuperación de suelos degradados (salinos, sódicos etc.)

g. Proporcionan alimento y refugio a insectos útiles (enemigos naturales aéreos de las plagas agrícolas, etc.)

h. Ahorro económico

i. Ahorro de energía fósil al sustituir parcialmente los agroquímicos

j. Contribuyen a la disminución del efecto de invernadero

k. Suministran un habitad para la fauna silvestre

l. Mejoran el paisaje

IV. MATERIALES Y MÉTODO

4.2 Área de estudio

El trabajo se desarrolló en la comunidad de Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí del departamento de Olancho colinda al norte con el municipio de Iriona, al sur con el municipio de Catacamas al este con el municipio de Brus Laguna y al oeste con el municipio de San Esteban. El trabajo se desarrolló en Aldea Nueva Esperanza del municipio de Dulce Nombre de Culmí (Cruz Roja Hondureña 2019) (Figura 1).

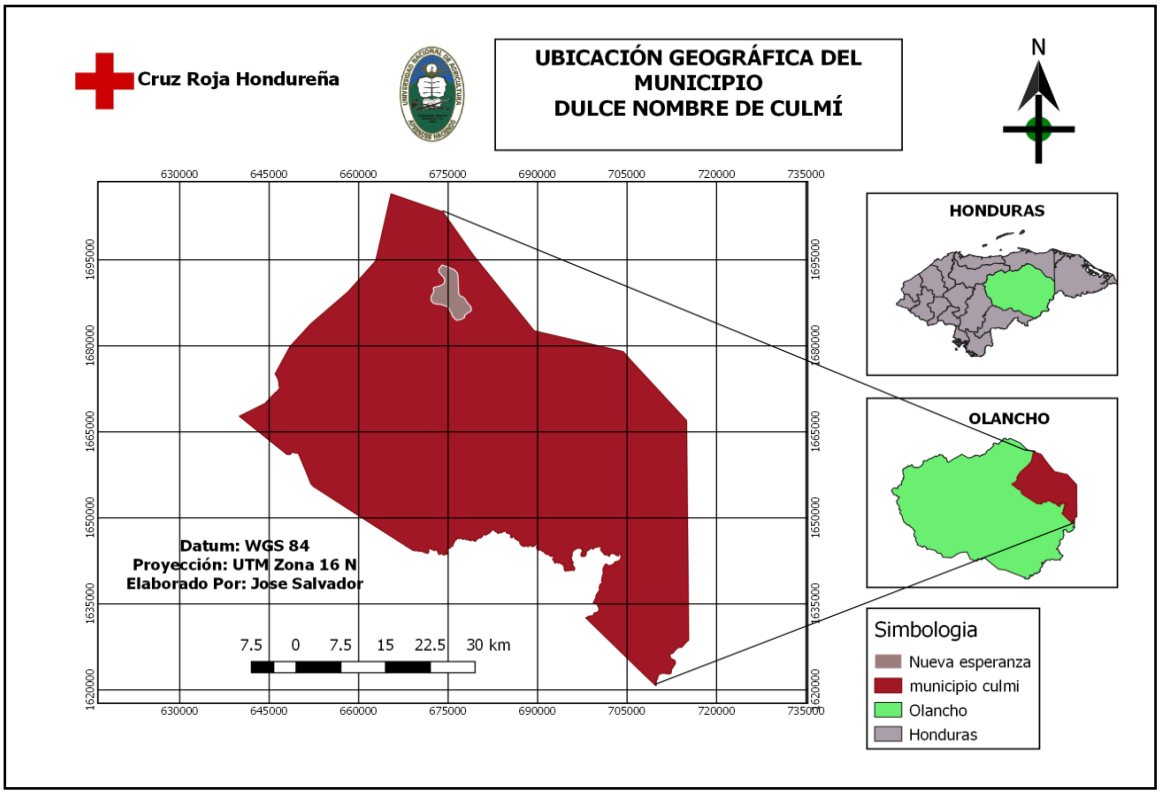


Figura 1. Ubicación de las cinco parcelas de abonos verdes, en la comunidad de Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí, Olancho

4.3 Materiales y equipo

Para la evaluación y recolección de información se necesitó el siguiente equipo: GPS, cámara fotográfica, computadora, metro, pluviómetro artesanal. Para la implementación de las parcelas de erosión se utilizó los materiales: Lámina de zinc, barriles de plástico de 150 litros, tela manta para la recolección de suelo y papel periódico.

4.3 1 Medición de la erosión hídrica y la escorrentía

4.3.2 Descripción del estudio

Esta etapa del experimento consistió en la medición de la perdida de suelo por efecto de la escorrentía. La cuantificación de dicha perdida se realizó mediante el método directo implementado con parcelas de erosión como método de predicción. Las parcelas de erosión fueron establecidas en un sitio crítico con obras de bioingeniería con una pendiente estándar de 35 % a 40%

Se establecieron 12 parcelas con área de 3x4 m.. De las cuales se instaló en obras de bioingeniería y coberturas de abonos verdes 8 y dos parcelas con mulch y otras dos que sería como testigo donde no hay obra de bioingeniería, en la comunidad de Nueva Esperanza de Dulce Nombre de Culmí.

Las parcelas se limitaron con láminas de zinc de 27 cm de alto, quedando 7 cm de alto enterrados y 20 cm libres para evitar la salpicadura y perdida de agua fuera del área de interés. Al final de las parcelas, se instaló un desagüe que facilite el transporte de escorrentía, hacia el barril de 150 L (Anexo 9).

En la comunidad se instaló un pluviómetro para medir la cantidad de precipitación que llueve en la zona, el pluviómetro estuvo instalado en la comunidad de nueva Esperanza en Dulce Nombre de Culmí. (Figura 2).

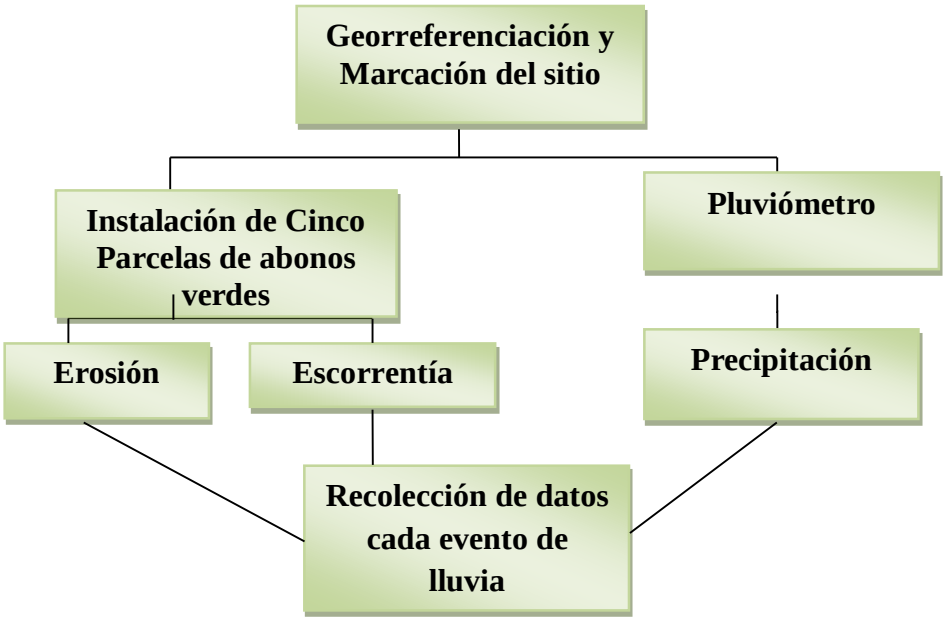


Figura 2. Pasos para realización de la investigación en la comunidad de Nueva Esperanza de Dulce Nombre de Culmí, Olancho

4.3.2 Usos de Suelo

Se evaluaron 6 tratamientos, que consisten en cuatro coberturas de abonos verdes 2 con mulch y otro suelo sin coberturas (Tabla 1).

Tabla 1. Descripción de los tratamientos en el estudio de erosión y escorrentía en Dulce Nombre de Culmí, Olancho.

Tratamiento	Descripción del tratamiento
T1	Suelo con Cobertura Frijol Dolichos (*Lablab purpureus*)
T2	Suelo con Cobertura Canavalia (*canavalia ensiformis*)
T3	Suelo con Cobertura mucuna (*Mucuna pruriens var utilis*)
T4	Suelo con mulch
T5	Suelo con Cobertura Maní Forrajero (*Arachis pintoi*)
T6	Suelo sin cobertura

En las parcelas con coberturas de abonos verdes y mulch con obras de Bioingeniería se establecieron dos parcelas de erosión en cada uno de los tratamientos y en el tratamiento sin cobertura se establecieron dos parcelas de erosión (Anexo 2).

4.4 Unidad y diseño experimental

4.4.1 Identificación de Sitio Crítico

En cada uso de suelo se establecieron parcelas experimentales que poseen un área de 3 x 4 m. dichas parcelas se delimitaron con láminas de zinc de 27 cm de alto, quedando 7 cm enterrados y 20 cm libres para evitar la salpicadura y perdida de agua fuera del área de interés. se instalaron parcelas.

De las cuales se establecieron cinco parcelas con obras de bioingeniería que poseen un área de 3 x 4 m. De las cuales una se instaló cuatro con abonos verdes y otra con mulch y testigo donde hay obra de bioingeniería, se instalarán las cinco parcelas en dichas parcelas se delimitarán con láminas de zinc de 27 cm de alto, quedando 7 cm enterrados y 20 cm libres para evitar la salpicadura y pérdida de agua fuera del área de interés. Al final de las parcelas, se instalará un desagüe que facilite el transporte de escorrentía, hacia el barril de 150 L, esto, para facilitar el escurrimiento a fin de asegurar continuidad al flujo superficial y al material edáfico arrastrado e impedir tanto las pérdidas como los aportes externos.

4.4.2. Estimación de la escorrentía con las parcelas

La medición la escorrentía se realizó por cada evento de precipitación. Las 24 horas el caudal que está escurriendo hacia los barriles se midió en litros por cada repetición en cada uno de las repeticiones para obtener un total y luego fueron tabulados en Excel® para después realizar su análisis.

4.4.3. Estimación de la erosión hídrica

La estimación de la perdida de suelo se realizó en cada uno de los barriles por parcela de erosión, para cada evento de precipitación. Para ello, se le colocó una manta a cada barril que sirvió como trampa para recolectar todo el sedimento para luego trasladarla al laboratorio de la Universidad Nacional de Agricultura.

Seguidamente los suelos secos se pesaron y se sacó una relación de cuanto era la pérdida por cada evento de lluvia en dichas parcelas, para hacer una relación de pérdida de suelo en kg/ha.

4.4.4 Programas para el ajuste de modelos sigmoidales

|Para la creación de modelos sigmoidales que se ajustó de forma adecuada a los datos resultantes de la escorrentía y erosión hídrica se utilizó el programa Curve Expert Professional 2.2 (http://www.curveexpert.net), el cual clasifica el modelo que mejor se ajusta a los datos.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Precipitación en el área de estudio.

Durante el periodo de estudio se registraron 20 eventos de lluvia en la comunidad de Nueva Esperanza, municipio de Dulce Nombre de Culmí, iniciando el primer evento de precipitación el día 9 de diciembre del 2018 y finalizando el día 27 de febrero del 2019 (Figura 2).

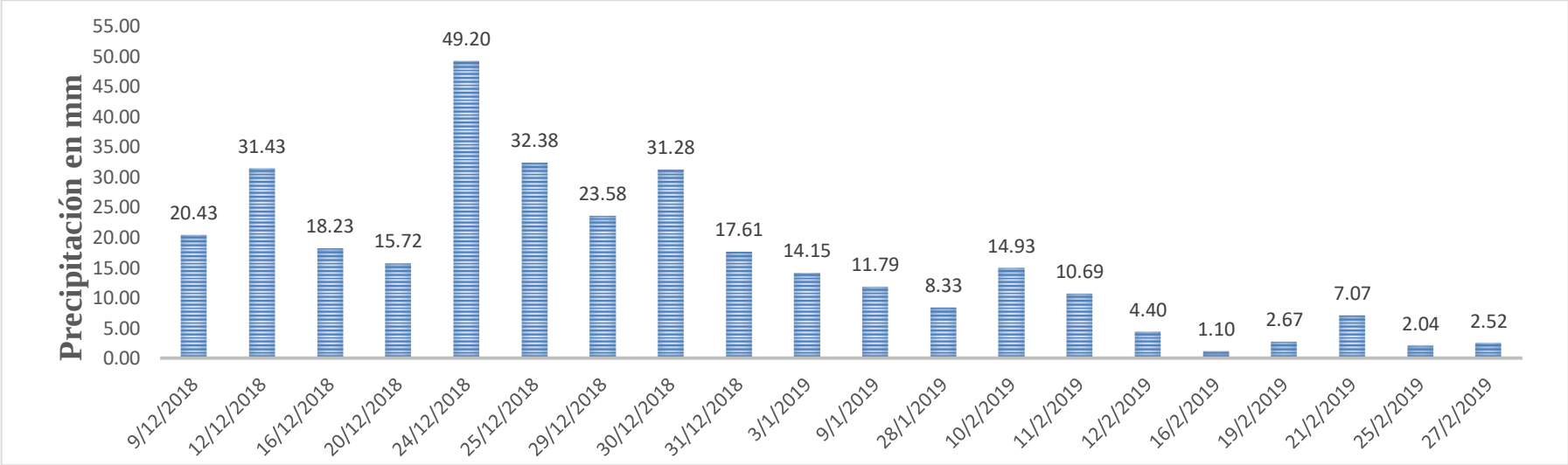


Figura 3. Precipitación diaria en mm durante el periodo de estudio (diciembre 2018 a febrero 2019) utilizando el pluviómetro artesanal, en la comunidad Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí, Olancho.

4.5 Escorrentía mediante parcelas de erosión

Los resultados de escorrentía que se obtuvieron, queda demostrado que tendió a ser mayor, de acuerdo a la protección del suelo y el contenido de material vegetativo de las coberturas de abonos verdes que presentaba en cada tratamiento y las obras de bioingeniería. la cobertura vegetal de abonos verdes protege el suelo contra el golpe de las gotas de lluvia y el arrastre del agua, es así que en las parcelas con obras de bioingeniería y las coberturas de abono verde.

Según los estudios de la FAO (2000) la escorrentía puede tender a ser menor cuando hay presencia de materia orgánica, ya que favorece la formación de una estructura estable de agregados en el suelo por medio de la estrecha asociación de las arcillas con la materia orgánica. Esta asociación incrementa la capacidad de retención de agua ya que puede absorber de tres a cinco veces más de su propio peso, por lo que el escurrimiento superficial será menor (Figura 4).

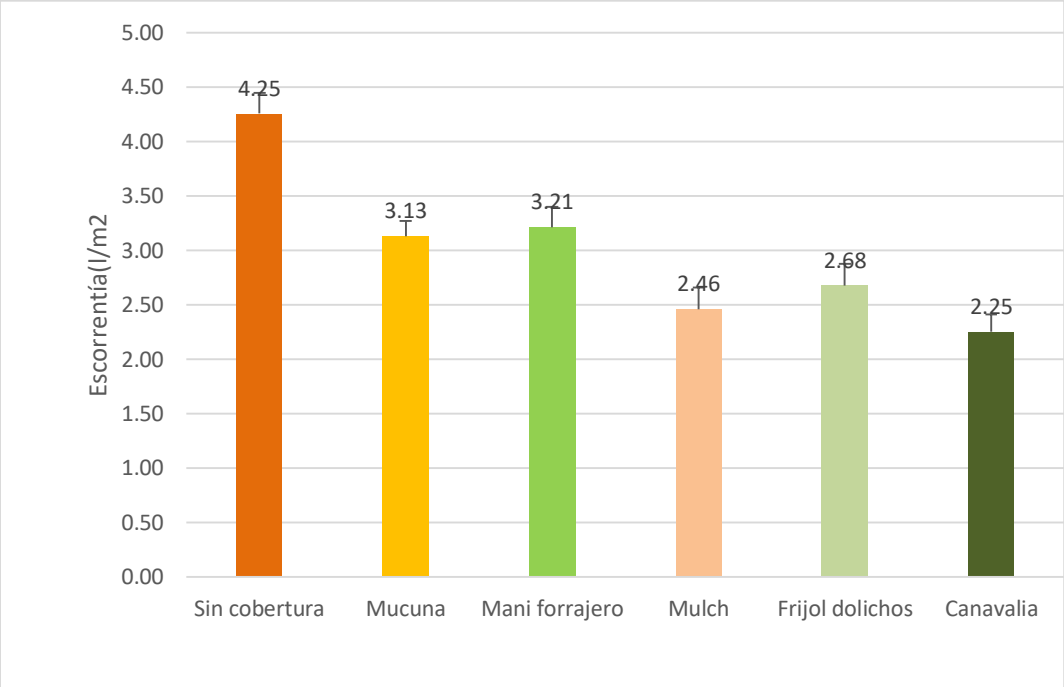


Figure 4. Escorrentía por uso de suelo mediante el periodo de medición (diciembre 2018 a febrero 2019) en Dulce Nombre de Culmí, Olancho. Barras de error indican la desviación estándar.

5.5 Relación de la precipitación y escorrentía en coberturas de abonos verdes

Con los datos obtenidos en cada uso de suelo y de cada evento de lluvia se realizó el análisis de las variables de precipitación y escorrentía. Se realizó un ajuste para ver cuál de los modelos de regresión era el adecuado para los datos tomados en campo, para poder predecir el comportamiento de la variable dependiente (escorrentía) cuando interactúa con la variable independiente (precipitación).

5.5.1 Escorrentía en el suelo con cobertura Dolichos

Los modelos de regresión sigmoidales para obtener la tasa de erosión del suelo en la comunidad de Nueva Esperanza, en el suelo con cobertura de dolichos el modelo que mejor se ajusto fue el modelo Weibull con un r de 0.51 (Figura 5).

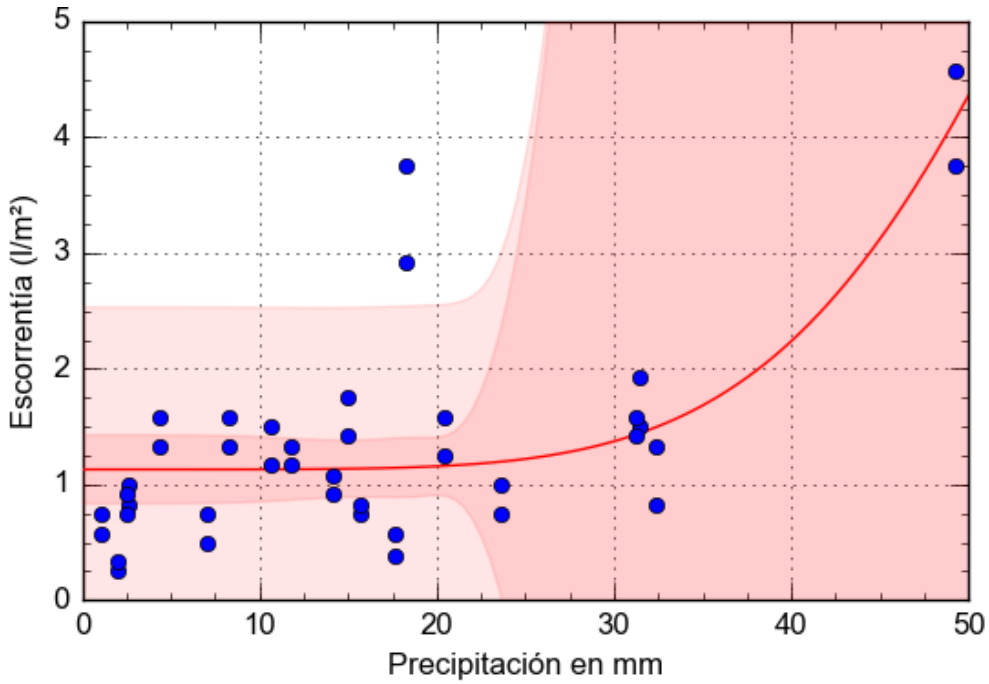


Figura 5. Ajuste del modelo Weibull para el suelo con cobertura de dolicho en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí

5.5.2 Escorrentía en el suelo con cobertura Canavalia

En el suelo con cobertura de canavalia el modelo que mejor se ajusto fue el modelo Weibull con un r de 0.56 (Figura 6).

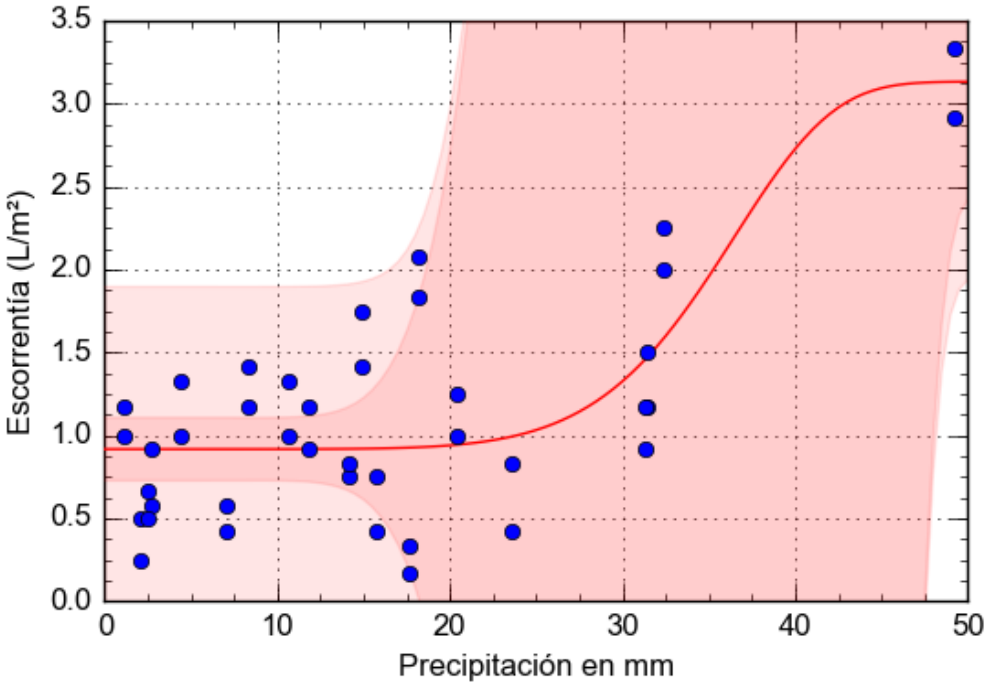


Figura 6. Ajuste del modelo Weibull para el suelo con cobertura de canavalia en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí

5.5.3 Escorrentía en el suelo con cobertura mucuna

En el suelo con cobertura de mucuna el modelo que mejor se ajusto fue el modelo Ratkowsky con un r de 0.64 (Figura 7).

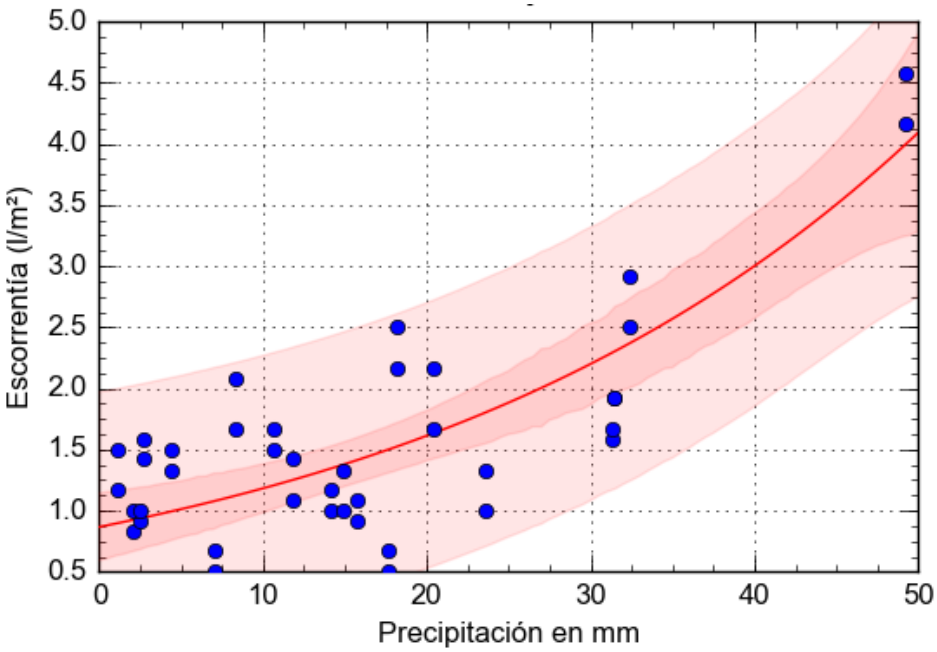


Figura 7. Ajuste del modelo Ratkowsky para el suelo con cobertura de mucuna en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

5.5.4 Escorrentía en el suelo con cobertura mulch

En el suelo con cobertura de mulch el modelo que mejor se ajusto fue el Weibull con un r de 0.58 (Figura 8).

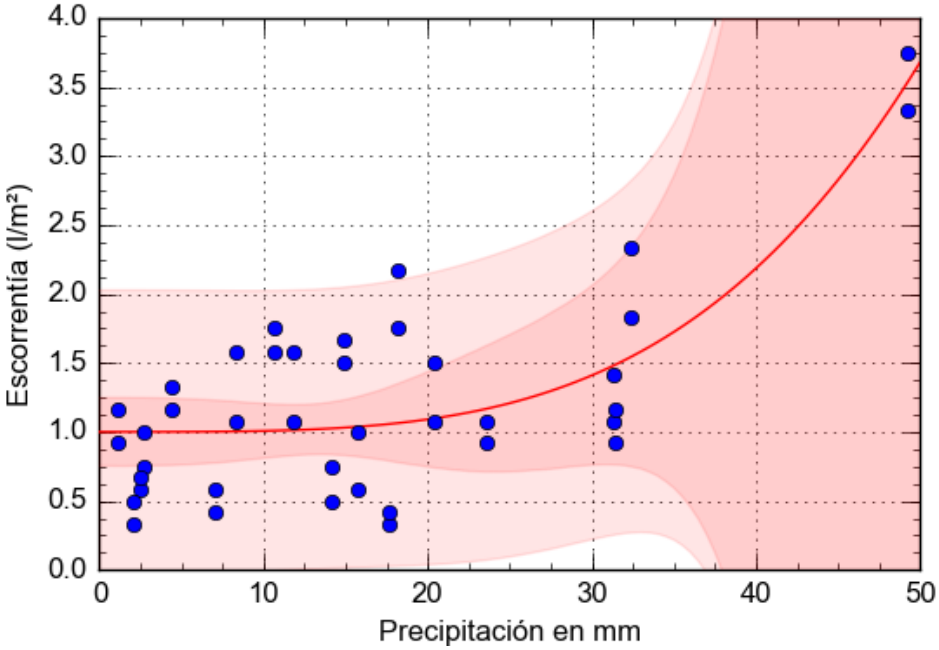


Figura 8. Ajuste del modelo Weibull para el suelo con cobertura de mulch en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

5.5.5 Escorrentía en el suelo con cobertura maní forrajero

En el suelo con cobertura de maní forrajero el modelo que mejor se ajusto fue el Weibull con un r de 0.47 (Figura 9).

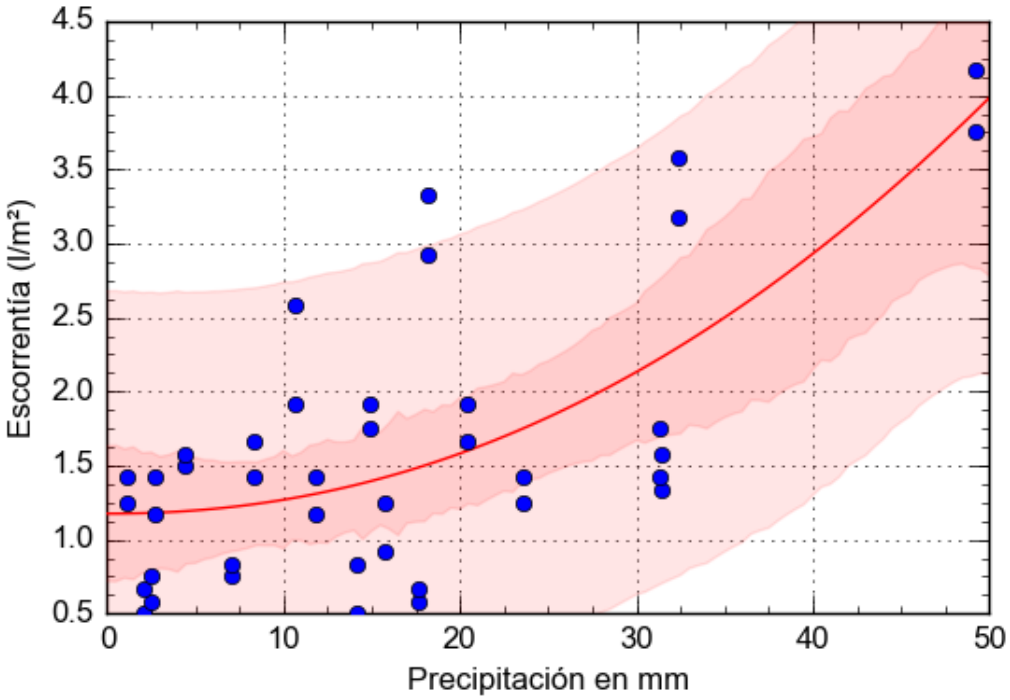


Figura 9. Ajuste del modelo Weibull para el suelo con cobertura de maní forrajero en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

5.5.6 Escorrentía en el suelo sin cobertura

En el suelo sin cobertura el modelo que mejor se ajusto fue el Weibull con un r de 0.48 (Figura 10).

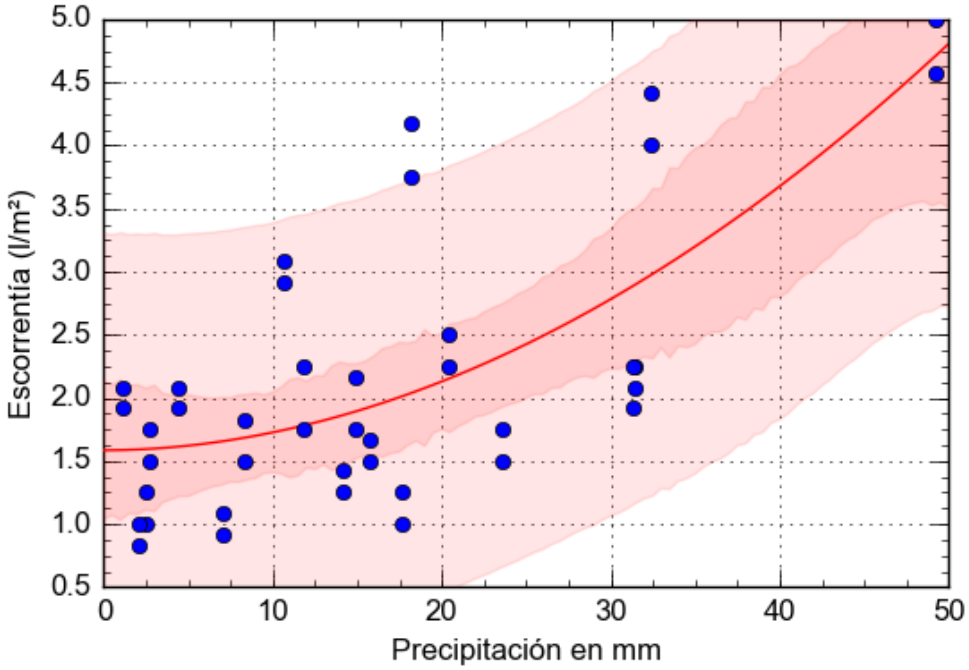


Figura 10. Ajuste del modelo Weibull para el suelo sin cobertura en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

Calculo de erosión hídrica mediante parcelas de erosión

De todos los eventos de precipitación medidos se obtuvo un promedio de erosión por usos de suelo. Según los resultados obtenidos se observa una tendencia de pérdida de suelo entre los diferentes usos de suelos. En relación al tipo de protección que tiene cada uso de suelo, así mismo se produjo mayor erosión en el suelo sin cobertura. En diferentes observaciones en la parcela se había hecho diferentes controles de malezas y limpiezas, ya que existen fajinas de drenaje.

El tratamiento con cobertura de canavalia fue el uso de suelo que presento un menor índice de erosión, porque cuenta con un mejor manejo en cuanto a cobertura, y esto ayuda a reducir la erosión hídrica (Figura 13).

El suelo sin cobertura se erosiona 12.53 kg/ha más que con las coberturas de abonos verdes como la canavalia se erosiona 1.50 kg/ha esta diferencia se debe a la buena cobertura es el factor principal, y en comparación con la cobertura de dolichos es 2.04 kg/ha, y el suelo con cobertura de mulch se erosiona 2.20 kg/ha, la cobertura de maní se erosiona 3.58 kg/ha y la mucuna 5.30 kg/ha (Figura 11).

En otros estudios López (2014), Salinas (2016) Padilla (2018) determinaron que los sistemas agroforestales con cacao y café presentaron los menores índices de pérdida de suelo esto se debió: a su cobertura vegetal y sus diferentes estratos arbóreos (arboles maderables, musáceas, cacao y el cultivo de café), ya que esta protege el suelo del impacto de las gotas y reduce la pérdida de suelo.

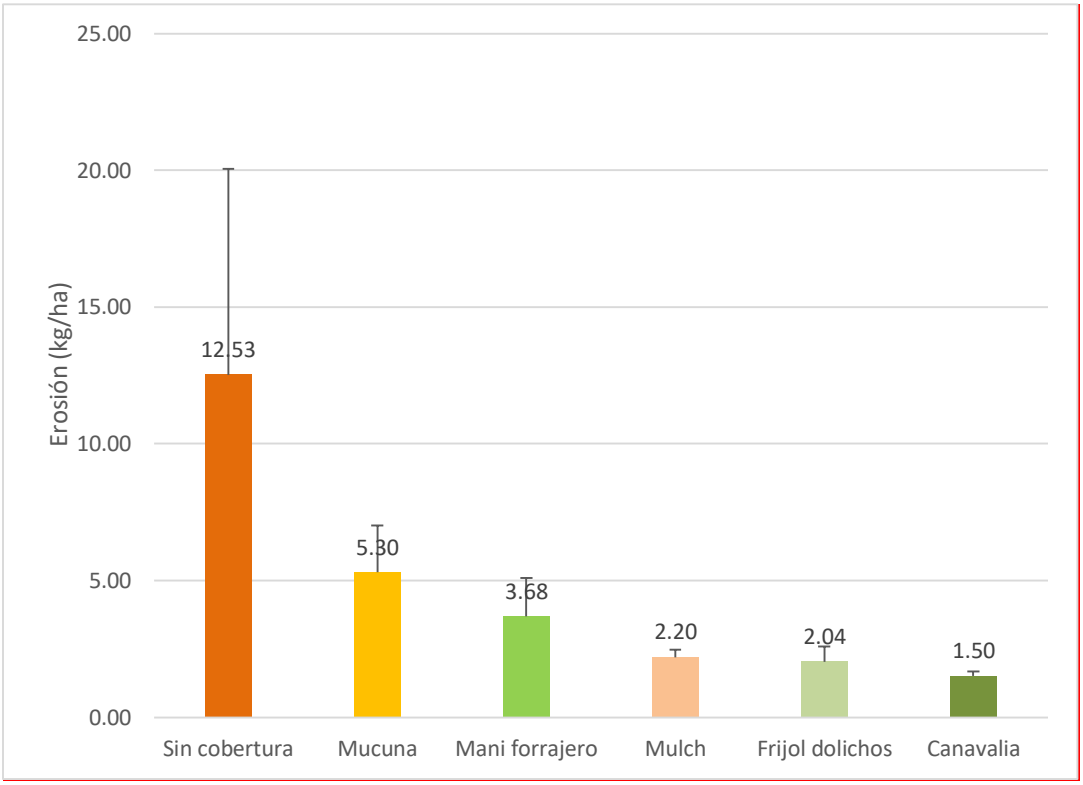


Figura 11. Erosión por uso de suelo mediante el periodo de medición (diciembre 2018 a febrero 2019) en Dulce Nombre de Culmí, Olancho. barras de error muestran la desviación estándar.

6.1 Relación de la precipitación y erosión en las parcelas

Ya con los datos obtenidos de erosión después del proceso en laboratorio se prosiguió a la creación de los modelos sigmoidales a ver cuál se ajusta mejor a nuestros datos tomados en los 6 usos de suelo en estudio.

6.1.1 Erosión en el suelo con cobertura Dolichos

En el suelo con cobertura dolichos el modelo que mejor se ajusto fue el Ratkosky con un r de 0.40 (Figura 12).

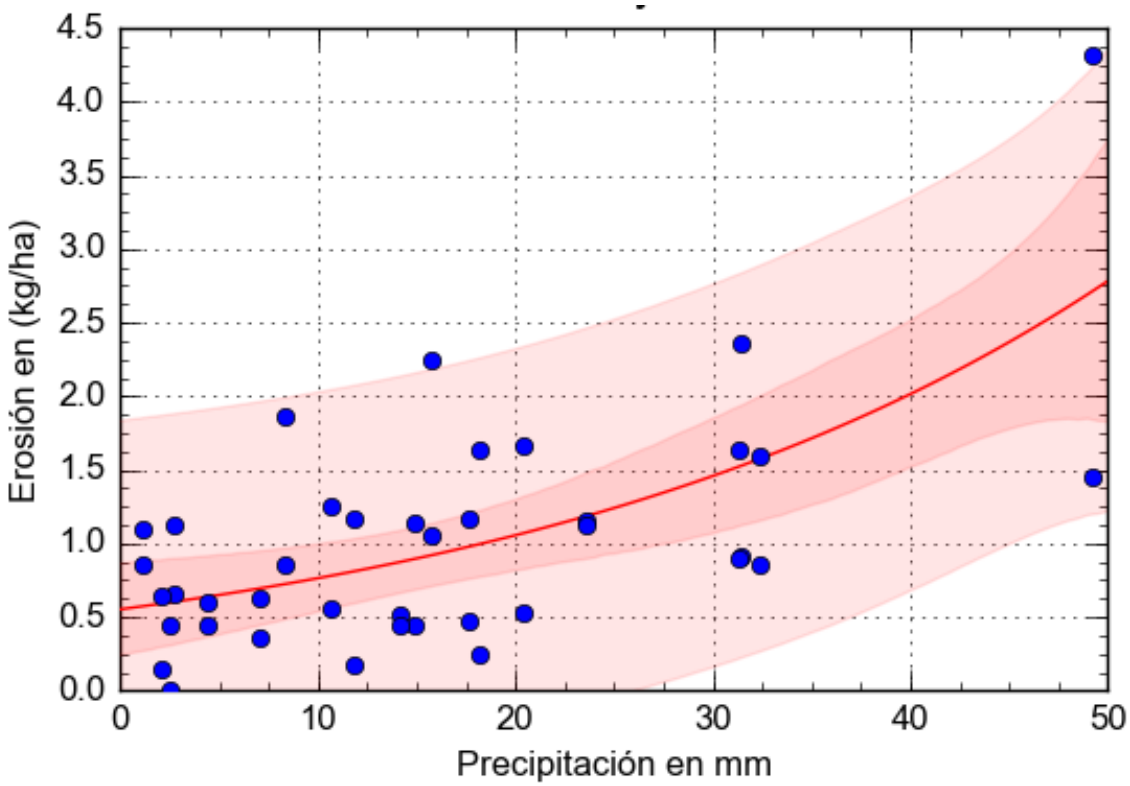


Figura 12. Ajuste del modelo Ratkosky para el suelo con cobertura dolichos en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

6.1.2 Erosión en el suelo con cobertura Canavalia

En el suelo con cobertura de canavalia el modelo que mejor se ajusto fue modelo MMF con un r de 0.40 (Figura 13).

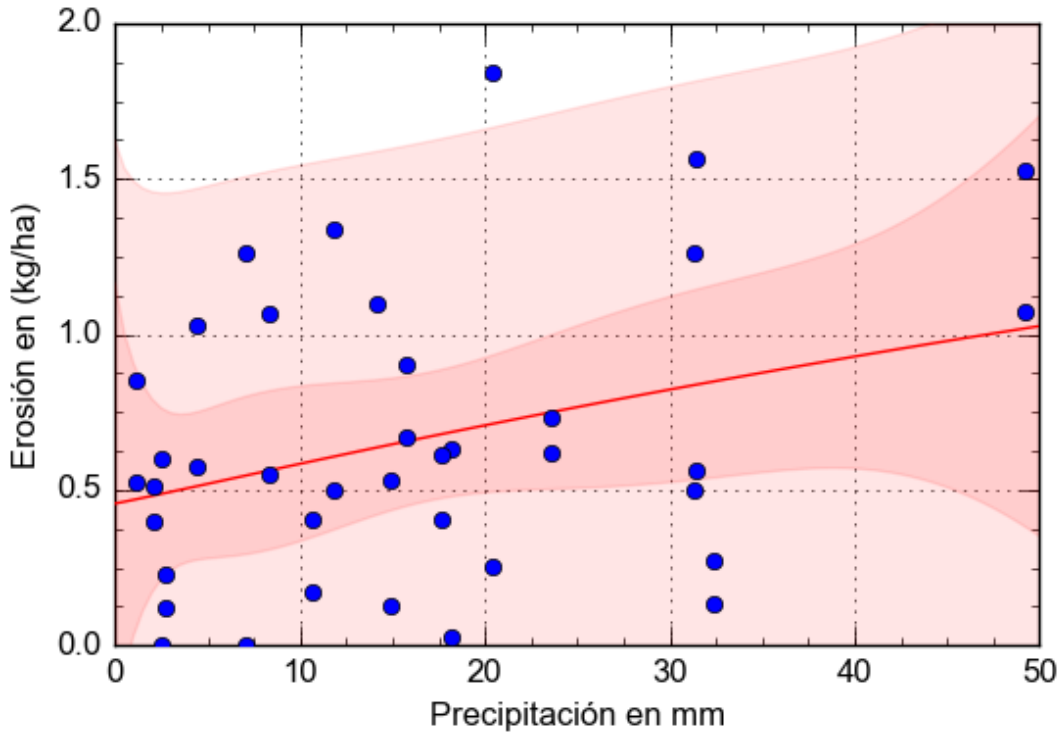


Figure 13. Ajuste del modelo MMF para el suelo con canavalia en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

6.1.2 Erosión en el suelo con cobertura mucuna

En el suelo con cobertura de mucuna el modelo que mejor se ajusto fue el modelo logístico con un r de 0.12 (Figura 14).

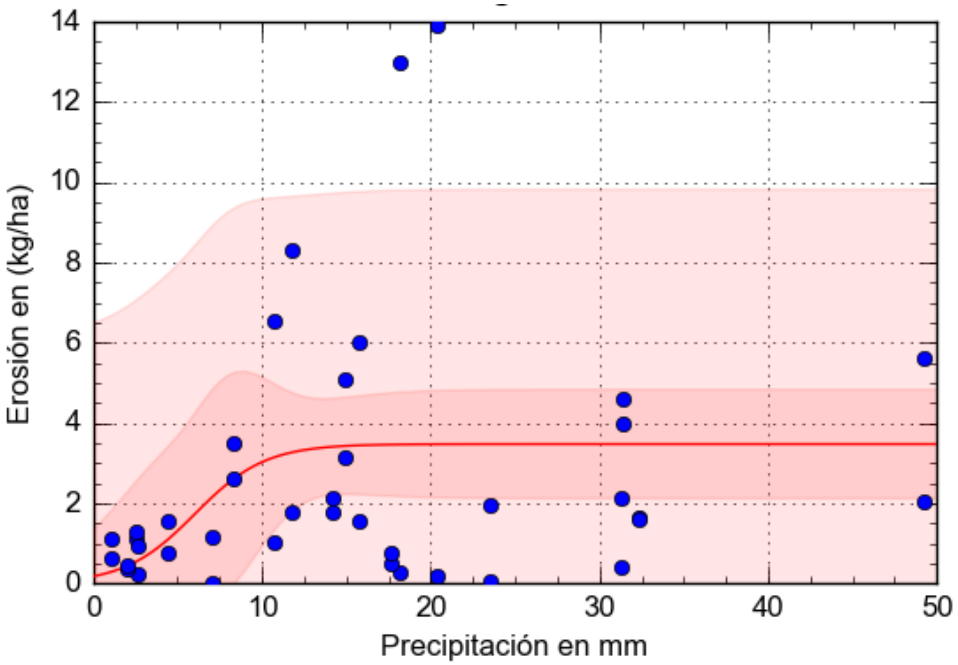


Figure 14. Ajuste del modelo logístico para el suelo con mucuna en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

6.1.3 Erosión en el suelo con cobertura mulch

En el suelo con cobertura de mulch el modelo que mejor se ajusto fue el modelo Weibull con un r de 0.14 (Figura 15).

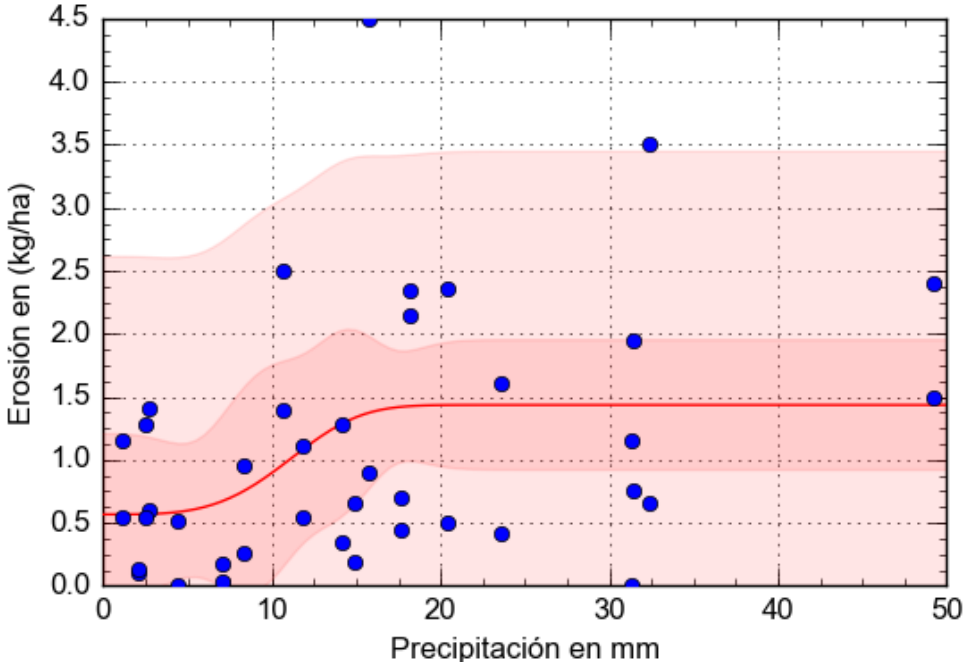


Figure 15. Ajuste del modelo logístico para el suelo con mulch en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

6.1.4 Erosión en el suelo con cobertura maní forrajero

En el suelo con cobertura de maní forrajero el modelo que mejor se ajustó fue el Ratkowsky con un r de 0.25 (Figura 16).

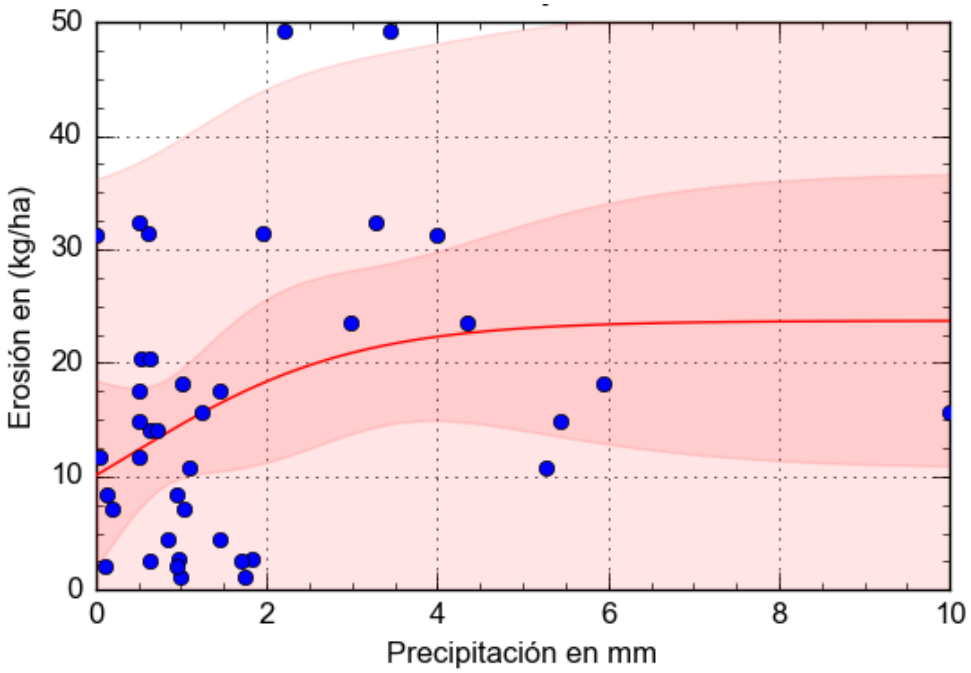


Figure 16. Ajuste del modelo Ratkowsky para el suelo con maní forrajero en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

6.1.5 Erosión en el suelo sin cobertura

En el suelo sin cobertura el modelo que mejor se ajusto fue el modelo Ratkowsky con un r de 0.037 (Figura 16).

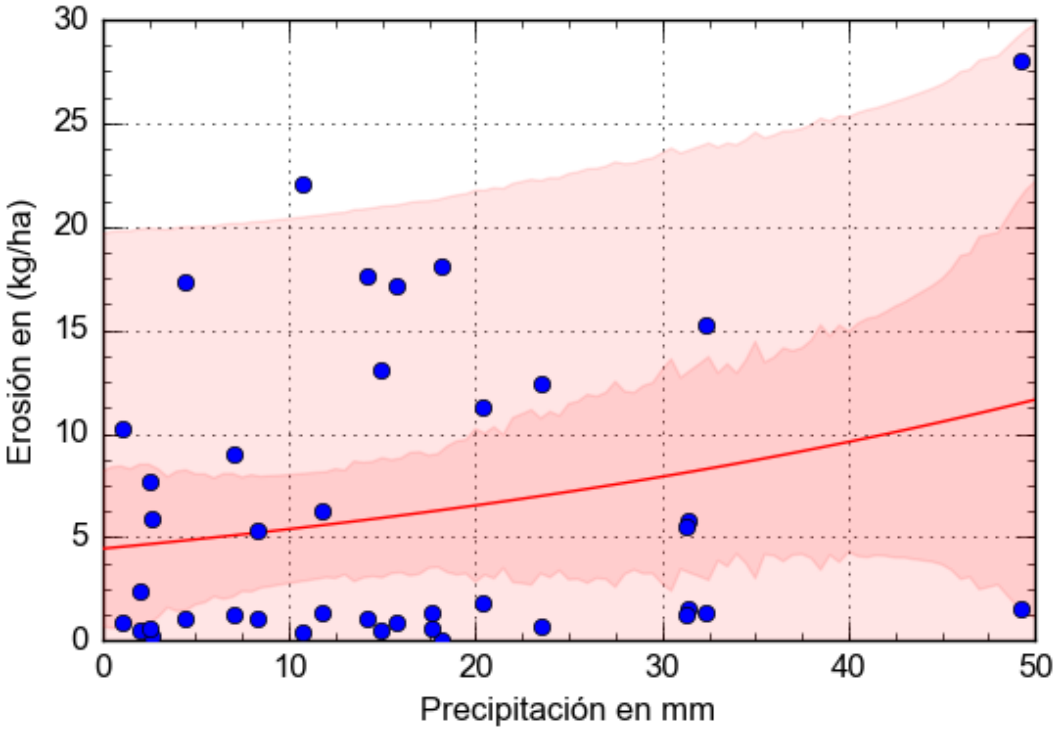


Figure 17. Ajuste del modelo Ratkowsky para el suelo sin cobertura en la Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí.

7.1. Costos de implementación de las coberturas de abonos verdes

Se realizó un análisis de los costos de implementación de las diferentes variedades de abonos verdes que se utilizaron en la investigación. Se tomó en consideración las siguientes labores: limpieza, preparación del terreno, siembra, semilla y cosecha.

Para determinar el costo se hicieron los cálculos para saber la inversión por m² de cobertura, y por año en una hectárea teniendo en cuenta los ciclos de producción (ver tabla 2).

Tabla 2. Descripción costos de implementación por hectárea de abonos verdes como cobertura.

Descripción	Dolichos	Canavalia	Mucuna	Mulch	Maní forrajero
Limpieza	326.00	326.00	326.00	326.00	326.00
Preparación	400.00	400.00	400.00	0.00	1000.00
Siembra	500.00	500.00	500.00	1000.00	700.00
Semilla	160.00	290.00	290.00	0.00	1000.00
Cosecha	250.00	250.00	250.00	0.00	0.00
Sub Total	1636.00	1766.00	1766.00	1326.00	3026.00
Repeticiones/año	3	2	3	2	1
Total inversión lempiras/año/mz	4,908.00	3,532.00	5,298.00	2,652.00	3,026.00
Total inversión lempiras/año/m^2	0.49	0.35	0.53	0.27	0.30

Cuadro 1. Modelos sigmoidales y ecuaciones ajustadas de los usos de suelo en la comunidad de Nueva Esperanza, Dulce Nombre de Culmí

USOS DE SUELO	ECUACIONES	ECUACIONES DE REGRESIÓN	R
Cobertura Dolichos	Weibull	Escorrentía(l/m^2)= (2.072049) -(1.753423) –(4.361490) (Precipitación) (3.0828839)	0.51
	Weibull	Erosión(kg/ha) =6.586169-5.9596232.718281$^{-(6.121155)(Precipitacion\ en\ mm)^{3.752359}}$	0.40
Cobertura Canavalia	Weibull	Escorrentía(l/m^2)= (2.072049) -(1.753423) –(4.361490) (Precipitación) (3.0828839)	0.56
	MMF	Erosión(kg/ha) $= \frac{4.655271}{(1+2.718281^{1.268897-(7.248463)(Precipitacion\ en\ mm)})/2.519961}$	0.40
Cobertura Mucuna	Ratkowsky	Escorrentía(l/m^2)= (2.072049) -(1.753423) –(4.361490) (Precipitación) (3.0828839)	0.64
	Logístico	Erosión(kg/ha)= $5.183145/(1+(1.000748)2.718281^{-(4.205902)(Precipitacion\ en\ mm)}$	0.12
Cobertura Mulch	Weibull	Escorrentía(l/m^2)= (2.072049) -(1.753423) –(4.361490) (Precipitación) (3.0828839)	0.58
	Logistico	Erosión(kg/ha)= $5.183145/(1+(1.000748)2.718281^{-(4.205902)(Precipitacion\ en\ mm)}$	0.14
Cobertura mani forrajero	Weibull	Escorrentía(l/m^2)= (2.072049) -(1.753423) –(4.361490) (Precipitación) (3.0828839)	0.47
	Ratkowsky	Erosión(kg/ha) =6.586169-5.9596232.718281$^{-(6.121155)(Precipitacion\ en\ mm)^{3.752359}}$	0.25
Sin cobertura	Weibull	Escorrentía(l/m^2)= (2.072049) -(1.753423) –(4.361490) (Precipitación) (3.0828839)	0.48
	Ratkowsky	Erosión(kg/ha) $= \frac{4.655271}{(1+2.718281^{1.268897-(7.248463)(Precipitacion\ en\ mm)})/2.519961}$	0.37

CONCLUSIONES

a. El sitio crítico con obras de bioingeniería, con coberturas verdes presentaron bajos niveles de erosión y escorrentía, relacionados a la mayor cobertura vegetal, comparándose con suelos sin cobertura

b. La cobertura vegetal que presentó menores niveles de erosión fue la canavalia, con un 1.50 kg/ha durante el periodo de medición en comparación con las otras coberturas, mulch, dolichos, mucuna, y maní forrajero.

c. La cobertura vegetal con canavalia fue la más idónea en el área de estudio en comparación con los datos obtenidos en cuanto a erosión, escorrentía y costo de inversión. Así mismo es la que mejor se adapto a las condiciones del suelo.

d. El mejor método para crear los modelos de predicción de pérdida de suelo fueron los sigmoidales ya que se ajustan mejor de acuerdo a los datos tomados en campo.

RECOMENDACIONES

a. Hacer validaciones del estudio tomando en cuenta otros usos de suelo en diferentes pendientes y de suelos de Culmí con la Cruz Roja Hondureña para aumentar el número de tratamientos y repeticiones para tener mayor confiabilidad de datos.

b. Promover la utilización de abonos verdes como la Canavalia en asocio con mulch debido a su mejor adaptación y mayor cobertura evitando así la erosión y la escorrentía.

c. Socializar los resultados de la investigación en las zonas de influencia del proyecto de la Cruz Roja Hondureña en Olancho, para darles a conocer los grandes impactos que pueden tener en los suelos por la pérdida y degradación de la Tierra

d. De acuerdo a los análisis de suelo, para mejorar la fertilidad y calidad de los suelos en obras de bioingeniería, se recomienda realizar aplicaciones de bokashi, compostajes y caldo sulfo cálcico.

VII.BIBLIOGRAFIA

Ciancalglini, N. 2009. Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico. (en línea). Consultado el 10 de octubre de 2018. Disponible en http://www.prosap.gov.ar/Docs/INSTRUCTIVO%20_R001_Gu%C3%ADa%20para%20la%20determinaci%C3%B3n%20de%20textura%20de%20suelos%20por%20m%C3%A9todo%20organol%C3%A9ptico.pdf

Crosara, A. 1998.Estructura del suelo. (en línea). Consultado el 5 noviembre de 2018. Disponible en: http://www.edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Practico%204.pdf

FIA.2004. Guía sobre prácticas de conservación de suelos. La Lima, Cortes HN.19 P.

Gonzales, C. 2011. Abonos verdes, fertilizantes naturales (en línea) consultado 9 de febrero de 2019. Disponible en http://www.planetahuerto.es/revista/abonos-verdesfertilizantes-naturales_00103#ixzz2TPumY7ul

Lobo Fúnez, R.A. 2018.: Erosión hídrica y escorrentía en sitios con obras de bioingeniería y percepción local de beneficiarios en tres comunidades de Catacamas y Dulce Nombre de Culmí, Olancho, Honduras. Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente. 63 p.

López Rivera, J.R. 2014.: Determinación de erosión hídrica, escorrentía y estabilidad de agregados del suelo en sistemas agroforestales con cacao y árboles maderables en Rio Tinto Catacamas, Olancho. Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente pág. 56.

Marín, R. 2007. Suelos y componentes del suelo (en línea) consultado el 4 de marzo del 2019. Disponible en: http://salonhogar.net/Salones/Ciencias/13/El_Suelo/El_suelo.htm. http://www.madrimasd.org/blogs/universo

Morales, P. 2016. Departamento de Medio Ambiente Planificación Territorial y Vivienda (en línea). Consultado el 5 de agosto del 2018. Disponible en: http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r497932/es/contenidos/informacion/suelo/es_ 104 4/erosion.html

ONU, 2010 Organización de Las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Degradación de suelos en américa latina. (en línea). Consultado el: 1 de agosto del 2018 Disponible en http://www.fao.org/soils-portal/degradacion-del-suelo/es/

Padilla Escobar C.A. 2018. Determinación de la erosión hídrica y escorrentía en fincas agroforestales con café orgánico y convencional en finca la fortaleza, Marcala, La Paz. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura. Catacamas, Olancho, Honduras. 61p.

Peña, L. 1992. Erosión y conservación de suelos. En: Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Suelos, una visión actualizada del recurso. Santiago. Chile. 215-237.

Raudes, M; Sagastume, N. 2009. Manual de conservación de suelos. Programa para la agricultura sostenible en laderas de América Central. Carrera de ciencia y producción agropecuaria. Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras. 75 p.

Rivas, T. 2006. Fertilidad y conservación de suelos en obras de Bioingeniería. (en línea) consultado el 15 de agosto del 2018. Disponible en: https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-bioingenieria.pdf

Rodríguez P, O. 1999. Experiencias recientes sobre las aplicaciones del vetiver en bioingeniería en el ámbito internacional. Taller de bioingeniería para construcción. 60 P Romero M A, López FM.1998. Erosión y escorrentía en el campo experimental de “El Ardal” nueve años de experiencias. 27, 115-130 p

SERNA. 2000. Primer Informe de País sobre la Implementación de la Convención de Desertificación en Honduras. Dirección General de Biodiversidad. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente. Tegucigalpa. Honduras.

SERNA. 2001. Informe del Estado del Ambiente. Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente. Tegucigalpa, Honduras. p 10.

Vahrson, W. 1990. El potencial erosivo de la lluvia en Costa Rica. Agronomía. Costa Rica 24p

Salinas Martinez.JM.2016. Determinación de la erosión hídrica, aporte de biomasa y fertilidad de suelo en sistemas agroforestales con cacao y arboles maderables en la zona de Rio Tinto, Catacamas, Olancho. Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente. 51 p.

Velásquez, S. 2012. Erosión de suelos utilizando la EUPSR (RUSLE). Notas de clase. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 48p

ANEXOS

Anexo 1. Parcelas de erosión instaladas en comunidad de Nueva Esperanza y Dulce Nombre de Culmí, Olancho.





Parcelas de erosión con obras de Bioingenieria



Anexo 2. Ficha de campo para toma de precipitación y erosión en sitios con obras de bioingeniería en estudio.



PROYECTO DE RESILENCIA POR MEDIO DE REDUCCION DE RIESGO Y SALUD EN DOS MUNICIPIOS CATACAMAS Y DULCE NOMBRE DE CULMI DEL DEPARTAMENTO DE OLANCHO

FICHA PARA EL REGISTRO DE DATOS EN CAMPO

Nombre del Beneficiario: _____

Municipio: _____ Comunidad: _____

Tipo de obra: _____

FECHA	HORA	PRECIPITACION (ML)	CANTIDAD DE SUELO RECOLECTADO (gr)	TESTIGO (gr)

Ficha de campo para la toma de datos de precipitación y recolección de suelo erosionado



Instalación del pluviómetro en cada comunidad para la toma de datos de precipitación

Anexo 3 .Recolección y tabulación de datos en estudio.



Muestras de suelo erosionado

Anexo 4. Secado y peso del suelo.



Secado de las muestras de suelo erosionado



Peso del suelo seco recolectado en parcelas de erosión

Anexo 5.Formato para análisis de suelo.



Fundación Hondureña de Investigación Agrícola

FORMATO DE RECIBO DE MUESTRAS DE SUELO Y FOLIARES

1. Tipo de muestra: Suelo _____ Foliar _____

2. Localización (ciudad, aldea, caserío): _____ Municipio_____

Departamento _____ País _____

3. Topografía del terreno:

3.1. Vega _____ Pie de colina _____ Ladera _____ Parte alta de la colina _____

4. Donde toma la muestra:

4.1. Donde aplica el fertilizante_____ Al azar (en zigzag) _____

5. Aplicación del fertilizante:

5.1. Al voleo _____ Aplicación localizada del fertilizante _____

5.2. Fertirriego _____ Goteo _____ Aspersión _____ Inundación _____

6. Clima:

6.1. Cálido _____ Fresco _____ Frío _____

6.2. Lluvia total al año (mm)_____

6.3. Escasa lluvia de diciembre a Junio _____

6.4. Lluvias de Junio a Agosto_____

6.5. Lluvias fuertes en septiembre y Octubre_____

6.6. Otras observaciones:_____

_____

_____

7. Drenaje:

7.1. El color del suelo es gris _____

7.2. El color del suelo es pardo _____

7.3. El color del suelo a una profundidad de 30 cm es rojo, amarillo y blanco _____

7.4. El área se encharca con agua y se conserva encharcada 48 hrs después de las lluvias _____

7.5. El suelo no se mantiene encharcado _____

7.6. El suelo se mantiene húmedo a 30-40 cm de profundidad _____

7.7. El suelo se inunda con frecuencia _____

7.8. El suelo nunca se inunda _____

7.9. El suelo se inunda en septiembre-Octubre _____

8. Suelo:

8.1. El suelo suelto tiene una profundidad de 30 cm _____

8.2. El suelo suelto tiene una profundidad de 60 cm _____

8.3. El suelo suelto tiene una profundidad de 90 cm _____

8.4. El color en la superficie del suelo es negro _____

8.5. El color en la superficie del suelo es pardo _____

8.6. El color del suelo en la superficie es rojo _____

8.7. El color del suelo en la superficie es amarillo _____

8.8. Al momento de la labranza el suelo es duro _____

8.9. Al momento de la labranza el suelo es suave _____

8.10. El suelo contiene alto contenido de roca _____

8.11. El suelo tiene alto contenido de grava _____

8.12. El suelo tiene alto contenido de arena _____

8.13. El suelo es pegajoso (barroso) _____

9. Cultivo:

9.1. Cultivo (s) _____

9.2. Cultivo nuevo _____ Cultivo establecido _____

9.3. Edad del cultivo _____ Área: _____

9.4. Patrón de siembra (Distancia entre Planta) _____

9.5. Densidad de Planta por Manzana: _____

9.6. El cultivo presenta amarillamiento general _____

9.7. Las hojas bajas están amarillas _____

9.8. Las hojas bajas presentan manchas amarillas ____

9.9. Hojas bajas con trazas rojas _____

9.10. Las hojas jóvenes están torcidas o deformadas _____

9.11. Los frutos parecen torcidos _____

9.12. Los frutos en las puntas aparecen con lesiones _____

9.13. El peso del fruto es bajo _____

10. Enviar fotografías del paisaje, cultivo y del suelo

Anexo 6. Análisis químico físico del suelo en parcelas de obras de bioingeniería en tres comunidades del municipio de Dulce Nombre de Culmí. (anexo a, anexo b)

a

Variable	Unidad	Sitio crítico		
		Nueva Esperanza Escuela Rural Mixta		
pH		4.87	B	
Materia orgánica	g/kg^{-1}	46.09	M	
Nitrógeno Total	g/kg^{-1}	2.3	M	
Fosforo (P)	g/kg^{-1}	5	B	
Potacio (K)	g/kg^{-1}	154	M	
Calcio (Ca)	g/kg^{-1}	1655	M	
Magnesio (Mg)	g/kg^{-1}	220	M	
Hierro (Fe)	g/kg^{-1}	95.3	A	
Manganeso (Mn)	g/kg^{-1}	23.9	A	
Cobre (Cu)	g/kg^{-1}	0.72	M	
Zinc (Zn)	g/kg^{-1}	9.2	A	

Datos del Laboratorio Químico Agrícola (FHIA 2018)

Los colores representan nivel calidad del suelo:

A= Alto M =Medio B= Baja

b

N°	Comunidad	Beneficiario (g/cm_3)	Densidad Aparente	Distribución porcentual			Clase Textural
				Arena %	Limo %	Arcilla %	
1	Nueva Esperanza	Escuela Rural Mixta Nueva Esperanza	1.13	60	22.2	17.6	Franco arenoso

Datos del Laboratorio Químico Agrícola (FHIA 2018)