

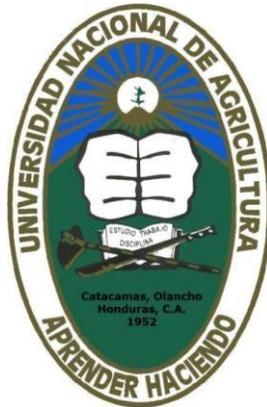
**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**DETERMINACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA, APORTE DE BIOMASA Y  
FERTILIDAD DEL SUELO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO  
Y ÁRBOLES MADERABLES EN RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO**

**POR:**

**JUAN MANUEL SALINAS MARTÍNEZ**

**PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA**



**CATACAMAS**

**OLANCHO**

**ABRIL 2016**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA**

**DETERMINACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA, APORTE DE BIOMASA Y  
FERTILIDAD DEL SUELO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO  
Y ÁRBOLES MADERABLES EN RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO**

**POR:**

**JUAN MANUEL SALINAS MARTÍNEZ**

**OSCAR FERREIRA CATRILEO M.Sc.  
Asesor Principal**

**PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO  
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE LICENCIADO EN  
MANEJO DE RECURSOS NATURALES Y AMBIENTE**

**CATACAMAS,**

**OLANCHO**

**ABRIL 2016**

## ACTA DE SUSTENTACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE PRACTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

Reunidos en el laboratorio de los pueblos indígenas de la Universidad Nacional de Agricultura el  
M Sc. OSCAR IVAN FERREIRA Miembro del Jurado Examinador de Trabajos de P.P.S.

El estudiante JUAN MANUEL SALINAS MARTÍNEZ del IV Año de la Carrera de Recursos  
Naturales y Ambiente

**“DETERMINACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA, APORTE DE BIOMASA Y  
FERTILIDAD DEL SUELO EN SISTEMAS AGROFORESTALES CON CACAO Y  
ARBOLES MADERABLES EN RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO”**

El cual a criterio del examinador, aprobó este requisito para optar al título de  
Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente.

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

M. Sc. OSCAR IVAN FERREIRA

Consejero principal

## **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 vine a la universidad y por haber puesto en mí la sabiduría necesaria para cumplir con mis objetivos.

A mis viejos queridos **JOSÉ ANDRÉS SALINAS SOLIX** y **EDELMIRA DE JESUS MARTÍNEZ MURILLO**, por haberme brindado todo su apoyo moral, enseñanzas y valores morales.

A mi hermano y amigo **CRISTIAN MISAEL SALINAS MARTÍNEZ** (QDDG) que aunque ya no esté con nosotros siempre le recordare y estaré agradecido por su apoyo y consejos brindados, donde quiera que estés hermano espero disfrutes este logro.

A mis hermanos **RENE SALINAS, MARTÍNEZ, RINA SALINAS MURILLO, RONAL SALINAS MARTÍNEZ, DINA LUZ SALINAS MARTÍNEZ, DORIAN JOEL SALINAS MARTÍNEZ** y **ORLEN ANDRÉS SALINAS MARTÍNEZ** por todo su apoyo en cada momento de mi vida.

A **MIS TÍAS Y TÍOS PTERNOS** por haberme brindado su apoyo, sobre todo cuando más los necesite, sobre todo a **NARCISO SALINAS, LIDIA SALINAS** y **FRANCISCA SALINAS**.

A mi tío **ANTONIO MARTÍNEZ** por su apoyo y sus consejos que sirvieron de mucho en mi formación

## **AGRADECIMIENTOS**

**A PUR PROJET** por haberme brindado el apoyo económico para poder realizar el estudio, sin su ayuda este estudio no hubiese sido posible.

**A APROSACAO** por estar siempre presente en el desarrollo de la investigación y brindar su apoyo cuando fue solicitado, en especial a los productores y socios de la zona de Río Tinto.

**A M. Sc. OSCAR FERREIRA CATRILEO**, por haber sido asesor principal en este estudio de investigación, agradezco por su apoyo brindado en todo el proceso de realización de esta práctica. Agradezco por la paciencia que ha 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 para LEYSI RODRIGUEZ, JOSSY ROMERO (GALLO), VICTOR ORTIZ (EL DOCTOR), JAVIER PALACIOS (CHACHALACA) AILEEM ZELAYA (CABRA) y CARLOS GARCIA (PETACA)..

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

## CONTENIDO

<b>DEDICATORIA</b> .....	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	ii
<b>LISTA DE FIGURAS</b> .....	vi
<b>LISTA DE CUADROS</b> .....	viii
<b>LISTA DE ANEXOS</b> .....	x
<b>RESUMEN</b> .....	3
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. OBJETIVOS</b> .....	2
<b>III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</b> .....	3
<b>3.1. El suelo</b> .....	3
<b>3.2. Principales causas de la erosión hídrica</b> .....	3
<b>3.2.1. La Lluvia</b> .....	3
<b>3.2.2. Relieve</b> .....	4
<b>3.3. Tipos de erosión hídrica</b> .....	4
<b>3.3.1. Erosión por salpicada</b> .....	4
<b>3.3.2. Erosión laminar</b> .....	4
<b>3.3.3. Erosión en barrancas o cárcavas</b> .....	5
<b>3.3.4. Erosión por surcos</b> .....	5
<b>3.4. Sistemas agroforestales</b> .....	5
<b>3.5. Sistemas agroforestales con cacao</b> .....	6
<b>3.6. Erosión hídrica en sistemas agroforestales con cacao</b> .....	6
<b>3.7. Abonos verdes y plantas de cobertura</b> .....	7

3.8.	Importancia de los abonos verdes en el suelo .....	7
3.9.	Calidad del suelo .....	8
<b>IV.</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>10</b>
4.1.	Área de estudio .....	10
4.2.	Medición de la erosión hídrica y la escorrentía .....	11
4.2.1.	Descripción de la metodología .....	11
4.2.2.	Tratamientos del estudio .....	11
4.2.3.	Unidad y diseño experimental .....	12
4.2.5.	Estimación de la erosión hídrica mediante parcelas .....	13
4.2.6.	Análisis Estadístico .....	13
4.2.7.	Programas para el ajuste de modelos sigmoidales .....	14
4.3.	Aporte de biomasa de abonos verdes .....	14
<b>V.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>15</b>
5.1.	Precipitación en el área de estudio .....	15
5.2.	Escorrentía mediante parcelas de erosión .....	15
5.3.	Relación de la precipitación y escorrentía en las coberturas .....	16
5.4.	Calculo de erosión hídrica mediante parcelas de erosión .....	18
5.5.	Relación de la precipitación y erosión en parcelas .....	20
5.6.	Abonos verdes .....	23
5.7.	Fertilidad de suelos .....	25
5.8.	Propiedades químicas .....	25
5.8.1.	pH .....	25
5.8.2.	Materia Orgánica .....	26
5.8.3.	Macronutrientes primarios.....	26
5.8.4.	Macronutrientes secundarios .....	27

5.8.5. Micronutrientes .....	27
VI. CONCLUSIONES .....	31
VII. RECOMENDACIONES .....	32
VII. BIBLIOGRAFÍA .....	33
ANEXOS.....	35

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1. UBICACION DE LAS PARCELAS EN LOS TRES USOS DE SUELO EN LA REGIÓN DE RÍO TINTO EN CATACAMAS.....</b>	<b>10</b>
<b>FIGURA 2. REGISTRO DE PRECIPITACIÓN DIARIA DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO (NOVIEMBRE 2015 A FEBRERO 2016) UTILIZANDO UN PLUVIÓMETRO ARTESANAL, EN LA COMUNIDAD VALLECITO DE RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO .....</b>	<b>15</b>
<b>FIGURA 3. ESCORRENTÍA POR USO DE SUELO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO (NOVIEMBRE 2015 A FEBRERO 2016) EN VALLECITO DE RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO. BARRAS DE ERROR INDICAN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR .....</b>	<b>16</b>
<b>FIGURA 4. AJUSTE DE MODELO LOGÍSTICO PARA EL SUELO SIN COBERTURA EN VALLECITO DE RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO.....</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 5. AJUSTE DE MODELO WEIBULL PARA EL USO DE SUELO SAF CON CACAO Y ARBOLES MADERABLES EN VALLECITO DE RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO ....</b>	<b>18</b>
<b>FIGURAS 6. EROSIÓN POR USO DE SUELO DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO (NOVIEMBRE 2015 A FEBRERO 2016) EN VALLECITO DE RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO. BARRAS DE ERROR INDICAN DESVIACIÓN ESTÁNDAR .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURAS 7. AJUSTE DEL MODELO WEIBULL PARA EL SUELO SIN COBERTURA EN LA ZONA DE VALLECITO, RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO.....</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 8. AJUSTE DEL MODELO WEIBULL PARA EL USO DE SUELO SAF CON CACAO Y ARBOLES MADERABLES EN VALLECITO DE RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO ....</b>	<b>22</b>

<b>FIGURA 9. GANANCIA DE ALTURA POR PLANTA DE ABONOS VERDES EN PERIODO DE ESTUDIO EN SAF CON CACAO Y ARBOLES MADERABLES .....</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 10. DIÁMETRO DE LA BASE POR PLANTA DE ABONOS VERDES EN PERIODO DE ESTUDIO EN SAF CON CACAO Y ARBOLES MADERABLES .....</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 11. PROMEDIO DE HOJAS POR PLANTA DE ABONOS VERDES EN PERIODO DE ESTUDIO EN SAF CON CACAO Y ARBOLES MADERABLES .....</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 12. APORTE DE BIOMASA POR VARIEDAD DE ABONOS VERDES EN SAF CON CACAO Y ARBOLES MADERABLES. BARRAS DE ERROR INDICAN LA DESVIACIÓN ESTÁNDAR. ....</b>	<b>25</b>

## **LISTA DE CUADROS**

<b>CUADRO 1.</b> APORTES DE LOS ABONOS VERDES AL SUELO .....	<b>8</b>
<b>CUADRO 2.</b> DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS QUE SE SOMETIERON AL ESTUDIO .....	<b>12</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1.</b> MODELOS SIGMOIDALES Y SUS ECUACIONES QUE PRESENTARON UN MEJOR AJUSTE EN LAS COBERTURAS DE SUELO SOMETIDAS A ESTUDIO EN VALLECITO, RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO.....	22
<b>TABLA 2.</b> ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS EN FINCAS DE VALLECITO DE RIO TINTO, EN EL ESTUDIO DE FERTILIDAD Y CALIDAD DE SUELOS EN SAF CON CACAO ORGÁNICO EN CATACAMAS OLANCHO.....	28
<b>TABLA 3.</b> RECOMENDACIONES QUÍMICAS Y ORGÁNICAS DE FERTILIZANTES A UTILIZAR EN FINCAS DE CACAO EN LA ZONA DE RÍO TINTO, CATACAMAS, OLANCHO.....	29

## LISTA DE ANEXOS

<b>ANEXO 1.</b> PARCELAS DE EROSIÓN IMPLEMENTADAS EN DOS TIPOS DE USO DE SUELO .....	36
<b>ANEXO 2.</b> RECOLECCIÓN Y TABULACIÓN DE DATOS EN ESTUDIO .....	37
<b>ANEXO 3.</b> RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELO DE PROPIEDADES QUÍMICAS EN SAF CON CACAO .....	38
<b>ANEXO 4.</b> FORMATO PARA SOLICITUD DE RECOMENDACIONES DE FERTILIZANTES A APLICAR EN PARCELAS DE CACAO .....	39
<b>ANEXO 5.</b> MSDCDNVJFNDJFFCD .....	41

**Salinas Martínez, J.M. 2016.:** Determinación de erosión hídrica, aporte de biomasa y fertilidad de suelos en sistemas agroforestales con cacao y arboles maderables en la zona de Río Tinto, Catacamas, Olancho. Licenciado en Recursos Naturales y Ambiente 51 p.

## **RESUMEN**

Este estudio se realizó en la zona de Río Tinto de Catacamas, Olancho, Honduras en los meses de noviembre 2015 a febrero de 2016, esta zona presenta una precipitación media anual de 1300 mm y una altura promedio de 600 msnm. Uno de los objetivos del estudio fue relacionar la pérdida de suelo por erosión hídrica en dos diferentes usos de suelo (i) suelo sin cobertura y (ii) sistema agroforestal con cacao. Donde se establecieron 6 parcelas de erosión con longitudes de 5 m x 4 m (20m<sup>2</sup>), el sistema agroforestal presentó menores índices de pérdida de suelo en comparación con el suelo sin cobertura. En el periodo de estudio se registraron 5 eventos de precipitación que fueron tabulados para calcular la pérdida de suelo por evento de precipitación. Además se realizó estudios de aporte de biomasa por parte de tres variedades distintas de abonos verdes. La variedad que presentó un mayor volumen de biomasa fue la Cannavalia. Se realizaron análisis de suelo para evaluar la fertilidad y calidad de suelo en cuatro fincas de cacao, según los análisis las fincas presentan niveles adecuados para la producción de cacao.

**Palabras Claves:** parcelas de erosión, precipitación, abonos verdes, calidad de suelo.

## **I. INTRODUCCIÓN**

Los sistemas agroforestales y silvopastoriles actualmente son una alternativa viable para el productor y el ambiente, ya que de esta manera organizan mejor sus parcelas de tierra, distribuyendo ampliamente sus cultivos, alcanzando mejor éxito con las plantaciones forestales y al mismo tiempo aportando un servicio ambiental importante, tal como lo es la retención de carbono en la madera de los árboles, como un medio de mitigación al cambio climático a través de la reducción de los gases de efecto invernadero así mismo es de gran ayuda para evitar la erosión hídrica del suelo.

Según SAGARPA el uso de abonos verdes es una alternativa de la agricultura orgánica, que es viable y económica para aportar nutrimentos, carbono orgánico y mejorar las propiedades de los suelos. Esta es una práctica importante que utiliza las plantas (especialmente leguminosas) como abono, en rotación, sucesión y alternancia de cultivos.

## **II. OBJETIVOS**

### **General**

Determinación de la erosión hídrica, el aporte de biomasa y la fertilidad del suelo en sistemas agroforestales con cacao y arboles maderables y suelo sin cobertura en la zona de Rio Tinto en Catacamas, Olancho.

### **Específicos**

- a. Medir la esorrentía y la erosión hídrica en los sistemas agroforestales con cacao y arboles maderables y suelo sin cobertura en Rio Tinto, Catacamas, Olancho
- b. Cuantificar el aporte de biomasa de abonos verdes en los sistemas agroforestales con cacao y arboles maderables en Rio Tinto, Catacamas, Olancho
- c. Evaluar la fertilidad y calidad de los suelos en los sistemas agroforestales con cacao y arboles maderables en Rio Tinto, Catacamas, Olancho

### **III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1. El suelo**

El suelo constituye el recurso natural básico para el soporte de los ecosistemas terrestres, ya sean naturales o productivos. La importancia de conservar un suelo de buena calidad es particularmente patente en los sistemas agrícolas, donde la productividad va a depender, en buena medida, del estado de conservación del suelo (De Alba *et al.* 2011).

#### **3.2. Principales causas de la erosión hídrica**

##### **3.2.1. 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. 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).

### **3.2.2. Relieve**

De acuerdo a Cisneros *et al.* (2012) dentro del relieve el principal parámetro a 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 porcentaje 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.

### **3.3. Tipos de erosión hídrica**

#### **3.3.1. 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 iniciales 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 o canopeo. La presencia de vegetación arbórea puede incrementar este tipo de erosión por la formación de gotas más grandes a partir del flujo de hojas (Morgan y Rickson, 1995; citado por Cisneros 2012).

#### **3.3.2. Erosión laminar**

Es el flujo superficial que transporta material del suelo que ha sido desprendido por impactos de las gotas de lluvia. Dado que la erosión laminar ocurre casi uniformemente sobre los

campos agrícolas, puede remover una considerable cantidad de suelo sin ser evidente, pero no puede ser ignorado como una fuente importante de sedimentos (Aguilar 2010).

### **3.3.3. Erosión en barrancas o cárcavas**

Se define como el proceso de remoción de suelo o de pequeñas piedras, por acción del agua, que forman depresiones mucho más grandes que los surcos, los que usualmente transportan material durante o inmediatamente después de ocurrida la tormenta (Cairns *et al.* 2001). Al respecto, Morgan (1997) señala que al comparar estas depresiones con los cauces permanentes, relativamente llanos y cóncavos en su perfil, las cárcavas se caracterizan por tener cabeceras y saltos a lo largo de su curso. Además, poseen una mayor profundidad, menor anchura que los cauces estables y transportan una mayor cantidad de sedimentos.

### **3.3.4. Erosión por surcos**

Ocurre cuando, producto 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).

## **3.4. Sistemas agroforestales**

Mendieta y Rocha (2007) señalan que un sistema agroforestal implica una serie de técnicas que incluyen la combinación, simultánea o secuencial, de árboles y cultivos alimenticios, árboles y ganado (árboles en los pastizales o para forraje), o todos los tres elementos. La Agroforestería incluye un conjunto de prácticas que implican una combinación de prácticas agropecuarias que se realizan en el mismo lugar y al mismo tiempo (prácticas simultáneas), o aquellas desarrolladas en el mismo sitio pero en épocas diferentes (prácticas secuenciales). El “sitio” puede ser tan pequeño como un simple jardín o una parcela cultivada, o tan extenso como un área de pastizal.

### **3.5. Sistemas agroforestales con cacao**

Según Ortiz y Riascos (2006) el cacao (*Theobroma cacao*) es una planta originaria de los trópicos húmedos de América. Es una especie umbrófila que requiere de 60% a 70% de sombra en los primeros cuatro años y de 30% a 40% en plantaciones adultas o en áreas con una estación seca mayor de dos meses. Según MAG (1991) el cultivo de cacao es un típico cultivo perenne y pertenece a la familia Sterculiaceae, cuya principal característica es que sus miembros producen flores y frutas en el tallo y ramas, es decir que son cauliflores. Es además, un cultivo que crece y produce en forma adecuada cuando está protegido por la sombra de árboles de otras especies.

Cuando se buscan altos rendimientos en el cacao dentro de los sistemas agroforestales, se deben mantener buenos niveles de radiación solar y elevada fertilidad del suelo. En suelos de baja fertilidad se recomienda cultivar el cacao bajo sombra para amortiguar las demandas nutricionales del cultivo. La planta de cacao comienza a fructificar después de los 5 años de edad (Aguilar 2010).

### **3.6. Erosión hídrica en sistemas agroforestales con cacao**

Rengifo *et al.* (2012) señalan que la implementación de sistemas agroforestales con énfasis en el cultivo de cacao, influye positivamente sobre disminución de la pérdida de suelo por erosión hídrica, debido al desarrollo del sistema radicular y al follaje que lo mantiene cubierto, que lo conservan y amortiguan el impacto de las gotas del agua lluvia sobre el mismo, favoreciendo la estabilidad estructural de los agregados. La constante acumulación de hojarasca en el suelo, producto de los cambios fisiológicos de la planta de cacao, mejora sustancialmente las propiedades del mismo, e igualmente lo protege contra la pérdida de suelo por erosión hídrica, sobre todo en las zonas de ladera con alta precipitación.

### **3.7. 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 el maní forrajero, fríjol de abono, canavalia, vignas, dolichos y algunas especies arbustivas y arbóreas como el gandul, madreño y pito, entre otros. También se les llama plantas de cobertura porque permanecen mucho tiempo en la superficie del suelo cubriéndolo o protegiéndolo de la acción perjudicial de la lluvia al impactar directamente sobre el suelo. Antes de la siembra, se chapia o se cortan las plantas de cobertura y se incorporan al suelo con maquinaria o herramientas manuales, o se dejan en la superficie descomponiéndose para que se incorporen poco a poco al suelo (FHIA 2004).

### **3.8. Importancia de los abonos verdes en el suelo**

Según la FHIA (2004) la importancia de los abonos verdes y plantas de cobertura es que mantienen y aumentan el contenido de materia orgánica en el suelo y con el uso de leguminosas, por la capacidad que tienen de fijar nitrógeno de la atmósfera, también se logra aumentar la cantidad de este elemento disponible para el cultivo. Además, mejora otras condiciones del suelo como la textura, estructura, la retención de humedad, el ablandamiento del suelo y la filtración. También disminuyen la erosión y aumentan la solubilidad y disponibilidad de los otros elementos nutritivos que necesita el cultivo, reduciendo el uso de insumos externos como la urea y otros fertilizantes. Además, las plantas de cobertura combaten y eliminan las malezas y se pueden sembrar en el mismo terreno donde se van a incorporar, evitando así el traslado de grandes cantidades de materia orgánica hasta el sitio del cultivo.

**Cuadro 1.** Aportes de los abonos verdes al suelo

Mejora de la estructura del suelo
Menor compactación del suelo
Menor formación de costra superficial
Incremento de la biomasa y actividad biológica benéfica en el suelo
Menor erosión hídrica y eólica
Mejora la infiltración y almacenaje del agua en el suelo
Facilitan la recuperación de suelos degradados (salinos, sódicos, etc.)
Proporcionan alimento y refugio a insectos útiles (enemigos naturales aéreos de las plagas agrícolas, abejas, etc.)
Ahorro económico
Ahorro de energía fósil al sustituir parcialmente los agroquímicos
Contribuyen a la disminución del efecto de invernadero
Suministran un hábitat para la fauna silvestre (aves, etc)
Mejoran el paisaje

### 3.9. Calidad del suelo

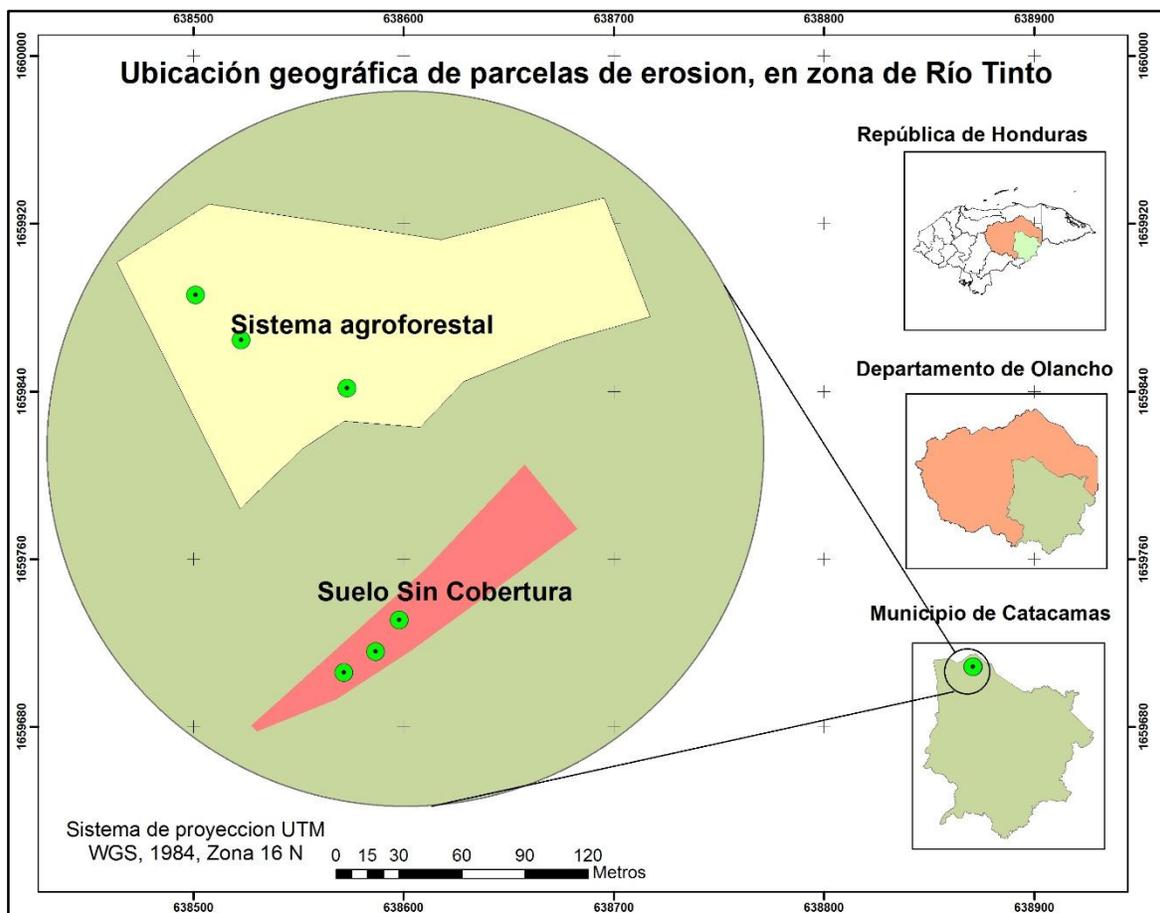
Según Doran y Parkin (1994), la calidad del suelo está determinada por la interacción de las propiedades físicas, químicas y biológicas en tiempo, intensidad y espacio. Los mejores índices que componen la calidad de un suelo son la salud de las plantas, animales y humanas, los productos biológicos y calidad ambiental. Este concepto es similar el discutido por Brady

y Weil (1991), en el cual la calidad del suelo lo determinan las propiedades físicas, químicas y biológicas que proporcionan un medio para el desarrollo óptimo de las plantas.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1. Área de estudio

Esta investigación se llevó a cabo en la zona de Río Tinto en Catacamas, Olancho, Honduras. Las condiciones topográficas y climáticas de la zona son: Precipitación media anual 1300 mm y altura media de 600 msnm (Figura 1).



**Figuras 1.** Ubicación de las parcelas en los tres usos de suelo en la región de Río Tinto en Catacamas

## **Materiales y equipo**

Para la evaluación y recolección de la información se necesitó el siguiente equipo: GPS Garmin Etrex 20, pluviómetro artesanal, papel filtro No. 1 de 12 mm de diámetro, horno de laboratorio. Para la implementación de las parcelas de erosión se utilizó los siguientes materiales: Lámina de zinc, mantas, barriles de metal de 237 litros, frascos plásticos de 1.25 l y un cilindro metálico de 150 cm<sup>3</sup> para tomar las muestras de densidad aparente. Se utilizaron modelos de elevación, hojas cartográficas. Los programas a utilizar son ArcGis 10.1<sup>®</sup> y CurveExpert Professional 2.2<sup>®</sup>. También se utilizó la base de datos de [www.accuweather.com](http://www.accuweather.com) para obtener datos de eventos de precipitación.

## **4.2. Medición de la erosión hídrica y la escorrentía**

### **4.2.1. Descripción de la metodología**

Esta etapa del experimento consistió en la medición de la pérdida de suelo por efecto de la escorrentía. La cuantificación de dicha pérdida se realizó mediante el método directo implementado con parcelas de erosión como método de predicción. Las parcelas de erosión fueron establecidas en dos tipos de cobertura, con una pendiente estándar para cada cobertura.

### **4.2.2. Tratamientos del estudio**

Se evaluaron tres tratamientos, que consisten en dos tipos de uso de suelo o coberturas, los cuales son: suelo sin cobertura y un sistema agroforestal con cacao y arboles maderables.

**Cuadro 2.** Descripción de los tratamientos que se sometieron al estudio

<b>Tratamiento</b>	<b>Descripción del tratamiento</b>
<b>T1</b>	Sistema agroforestal de cacao
<b>T2</b>	Suelo sin cobertura

En la cobertura de suelo sin cobertura se establecieron tres parcelas de erosión y en el sistema agroforestal con cacao y arboles maderables se establecieron tres parcelas de erosión.

#### **4.2.3. Unidad y diseño experimental**

En cada uso del suelo, se establecieron parcelas experimentales que poseen un área de 20 m<sup>2</sup>. 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 pérdida de agua fuera del área de interés. Al final de las parcelas, se instaló un desagüe que facilito el transporte de escorrentía, hacia el barril de 237 l, esto, facilito el escurrimiento a fin de asegurar continuidad al flujo superficial y al material edáfico arrastrado e impedir tanto las pérdidas como los aportes externos.

Para este estudio el diseño experimental que se utilizó fue el completamente al azar, con dos tratamientos o coberturas, los cuales estaban distribuidos de acuerdo a la superposición del uso del suelo y tomando como restricción la pendiente que oscilo entre 35 a 40%. Las áreas resultantes fueron aleatorizadas de manera que todas tuvieron la misma posibilidad de ser seleccionadas.

#### **4.2.4. Estimación de la escorrentía mediante parcelas**

La escorrentía se midió para cada evento de precipitación que se registró por día (24 h). El caudal escurrido de las parcelas hacia los barriles, se midió en litros por cada repetición en cada uno de los tratamientos. Los datos fueron tabulados en Excel para luego realizar su análisis.

#### **4.2.5. Estimación de la erosión hídrica mediante parcelas**

La estimación de la pérdida de suelo se realizó en cada uno de los barriles por parcela de erosión, para cada evento de precipitación. Para ello, se agito el agua contenida en los recipientes, seguidamente se extrajo una alícuota de 1250 ml para ser trasladada al laboratorio de la Universidad Nacional de Agricultura.

En el laboratorio se procedió a la decantación, que es la separación del agua y suelo, donde el suelo húmedo que se extrajo de la alícuota se procedió a extraerle totalmente el agua. Posteriormente se introdujo al horno microondas por 10 minutos. Seguidamente el suelo seco se pesó 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.

#### **4.2.6. Análisis Estadístico**

El modelo aditivo lineal del diseño que se utilizo es el siguiente:

$$X_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$$

Donde:

$i = 1 \dots 9$  (tratamientos)  $j = 1 \dots 3$  (repeticiones)

$X_{ij}$  = Variable aleatoria observable  $\mu$  = Media general  $T_i$  = Efecto del tratamiento

$E_{ij}$  = Error experimental

El análisis de datos se realizó utilizando el programa InfoStat versión estudiante. Como principal análisis se hizo un ANOVA para cada sitio en estudio, para obtener las diferencias estadísticas significativas entre todos los tratamientos y seguidamente una prueba de medias de Tukey para saber entre que pares de medias es donde se dio esas diferencias.

#### **4.2.7. Programas para el ajuste de modelos sigmoidales**

Para la creación de modelos sigmoidales que se ajustaron de forma adecuada a los datos resultantes la erosión hídrica se utilizó el programa CurveExpert Professional 2.2<sup>®</sup> (<http://www.curveexpert.net>), el cual clasifica el modelo que mejor se ajusta a los datos.

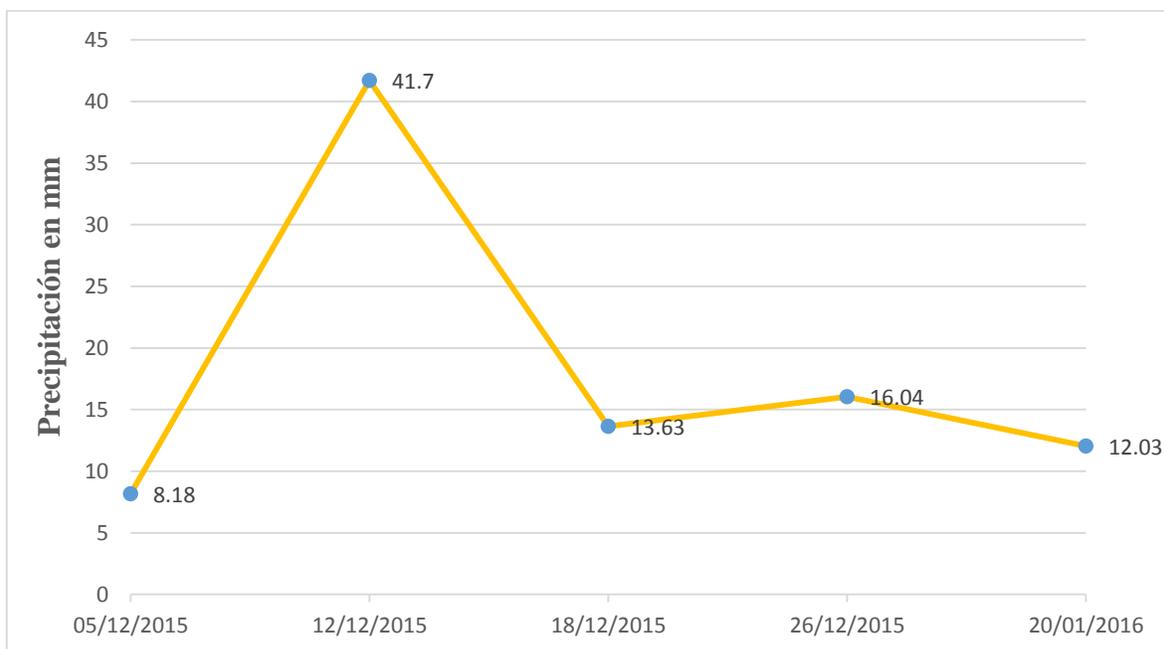
#### **4.3. Aporte de biomasa de abonos verdes**

Para determinar el aporte de biomasa de los abonos verdes se instalaron parcelas de 15 m<sup>2</sup>, con tres variedades diferentes de abonos verdes, se realizaron mediciones periódicas para observar el crecimiento tanto en altura, número de hojas y diámetro de la base, cuando las plantas estaban adultas se cortaron y fueron pesadas. Posteriormente se realizó una relación en base a hectáreas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Precipitación en el área de estudio

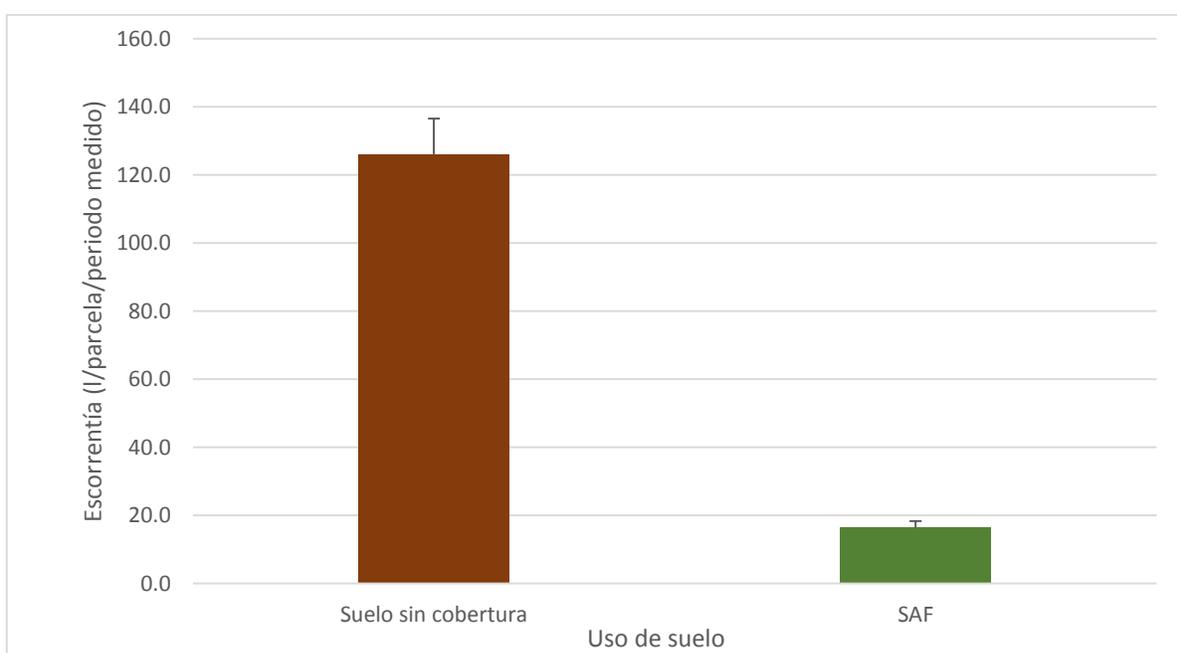
Durante el periodo de estudio se registraron 5 eventos de lluvia, iniciando el primer evento de precipitación el día 05 de diciembre de 2015 y finalizando el periodo de registro el 20 de enero de 2016. La cantidad de lluvia registrada durante todo el periodo de estudio fue de 91.5 mm distribuidos en 2 meses.



**Figuras 2.** Registro de precipitación diaria durante el periodo de estudio (noviembre 2015 a febrero 2016) utilizando un pluviómetro artesanal, en la comunidad Vallecito de Río Tinto, Catacamas, Olancho

### 5.2. Escorrentía mediante parcelas de erosión

Los resultados obtenidos durante el periodo de estudio, muestran que existe una gran diferencia según el uso o cobertura que presenta cada suelo. El suelo sin cobertura fue la que presento mayor escurrimiento superficial en relación a la otra área en estudio, esta área presenta un porcentaje mínimo de materia orgánica. El sistema agroforestal con cacao y arboles maderables presento el menor escurrimiento superficial, esta presenta un porcentaje de materia orgánica mayor en relación al suelo sin cobertura, el resultado se observó en campo cuando se realizó la medición por cada evento de precipitación (Figura 3).



**Figuras 3.** Escorrentía por uso de suelo durante el periodo de estudio (noviembre 2015 a febrero 2016) en Vallecito de Río Tinto, Catacamas, Olancho. Barras de error indican la desviación estándar

### 5.3. Relación de la precipitación y escorrentía en las coberturas

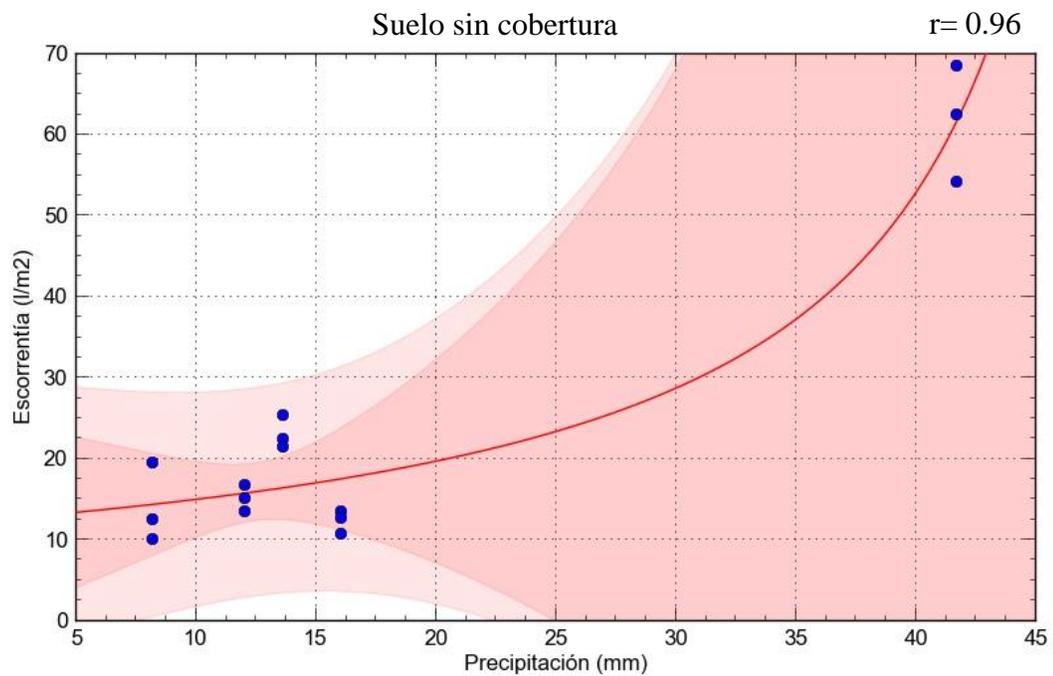
Con los datos obtenidos en cada cobertura y la precipitación se realizó el análisis de las variables de precipitación y escorrentía. Se realizó un ajuste de modelos de regresión para poder predecir el comportamiento de la variable dependiente (escorrentía) cuando interactúa

con la variable independiente (precipitación). Para el suelo sin cobertura el modelo que mejor se ajusto fue el Logístico con un r de 0.96 (Figura 4).

En el SAF con cacao y arboles maderables, el modelo que presento un mejor ajuste fue el Weibull con un r de 0.90 (Figura 5).

Escorrentía en suelo sin cobertura:

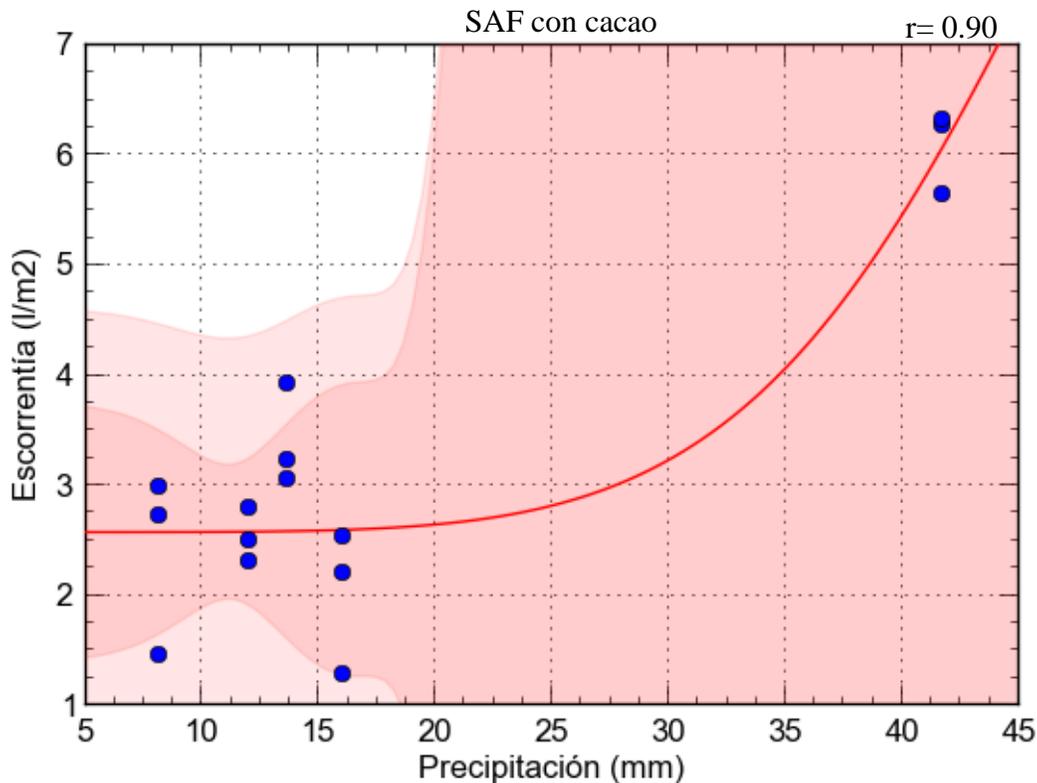
$$\text{Escorrentía (l/m}^2\text{)} = -0.128424 / [1 + (-1.010617)(2.718281)^{(-0.000203)(\text{Precipitación mm})}]$$



**Figuras 4.** Ajuste de modelo Logístico para el suelo sin cobertura en Vallecito de Río Tinto, Catacamas, Olancho

Escorrentía en SAF con cacao y arboles maderables:

$$\text{Escorrentía (l/m}^2\text{)} = 12.184364 - (9.607981)(2.718281)^{(-3.567164^{-10})(\text{Precipitación mm})^{5.618131}}$$



**Figuras 5.** Ajuste de modelo Weibull para el uso de suelo SAF con cacao y árboles maderables en Vallecito de Río Tinto, Catacamas, Olancho

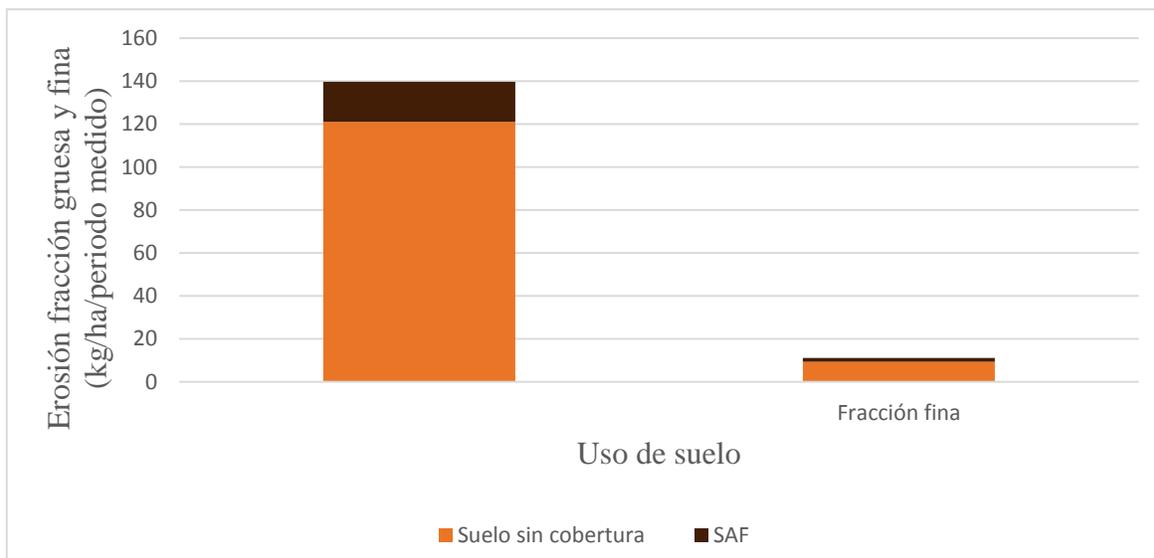
#### 5.4. Calculo de erosión hídrica mediante parcelas de erosión

De cada evento de precipitación se obtuvo un promedio de erosión por cobertura (Figura 6).

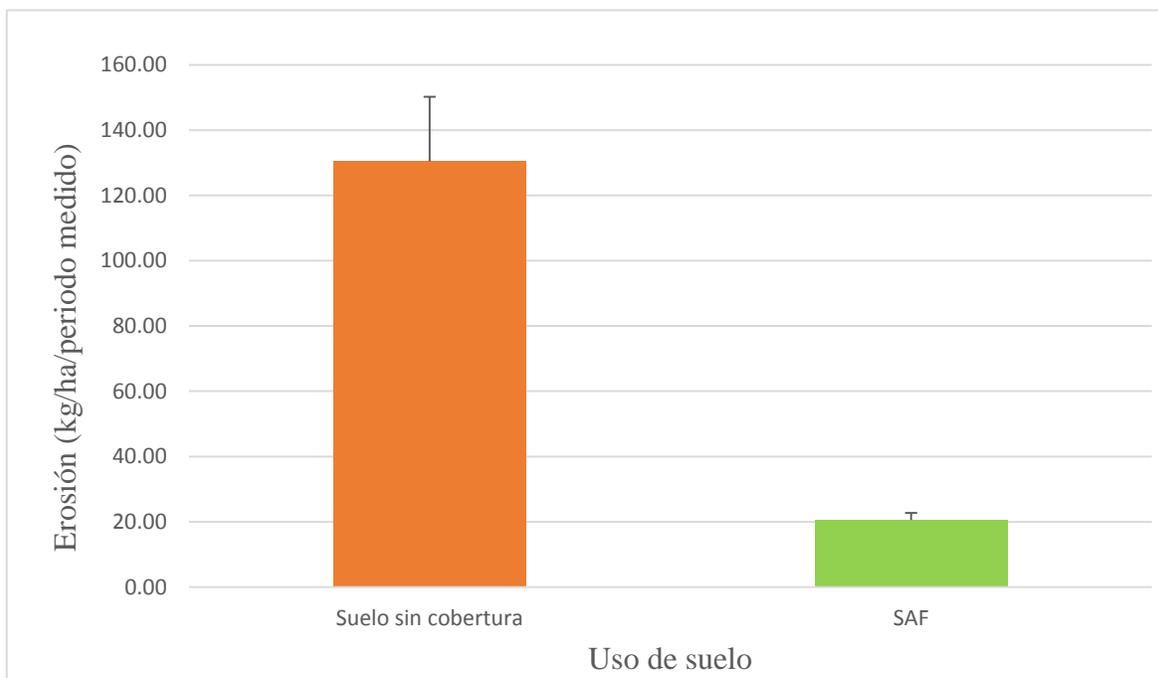
Según los datos obtenidos de las parcelas de erosión, nos muestran que existe una tendencia lógica de la pérdida de suelo. En relación a cada tipo de cobertura, se produjo mayor erosión, como se puede mencionar en el caso del suelo sin cobertura que presentó una pérdida promedio de siendo esta la cobertura que presentó mayor pérdida de suelo en relación a la otra cobertura en investigación. En la parcela se habían efectuado recientemente labores de control de maleza para esta labor se emplea generalmente el uso de machete u azadón, con esta acción favorece al rompimiento y desagregación de la estructura del suelo.

El sistema agroforestal con cacao y arboles maderables fue la cobertura que presentó la menor cantidad de erosión. Esto muestra la importancia de tener distintos estratos arbóreos para reducir la pérdida de suelo por erosión hídrica y los mismos se presentan como una buena práctica de conservación de suelo.

Por recomendación de Pur Projet se utilizó una manta en cada barril, para realizar una separación entre tierra gruesa colectada por la manta y tierra fina colectada en la alícuota que fue decantada en el laboratorio, los datos obtenidos muestran que la manta colecta un porcentaje alto de erosión al compararse con la erosión colectada en la decantación de la muestra de la alícuota (Figura 5).



**Figuras 5.** Erosión por fracción por uso de suelo durante el periodo de estudio (noviembre 2015 a febrero 2016) en Vallecito de Río Tinto, Catacamas, Olancho. Barras de error indican desviación estándar



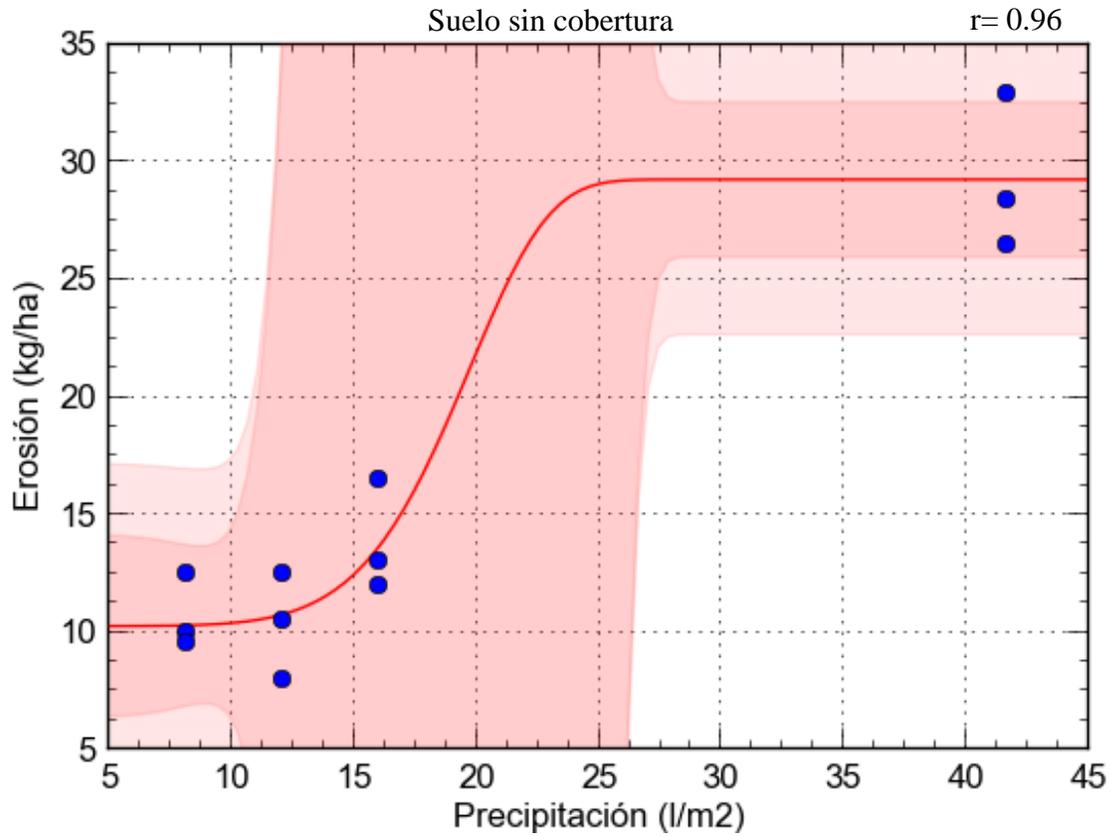
**Figuras 6.** Erosión total por uso de suelo durante el periodo de estudio (noviembre 2015 a febrero 2016) en Vallecito de Río Tinto, Catacamas, Olancho. Barras de error indican desviación estándar

### 5.5. Relación de la precipitación y erosión en parcelas

En las dos coberturas en estudio los modelos de regresión sigmoidales que más se ajustan para cualquier evento de precipitación es el modelo de Weibull, para el suelo sin cobertura presento un r de 0.96 (Figura 7) y en el SAF con cacao y arboles maderables obtuvo un r de 0.77 (Figura 8).

Erosión en suelo sin cobertura:

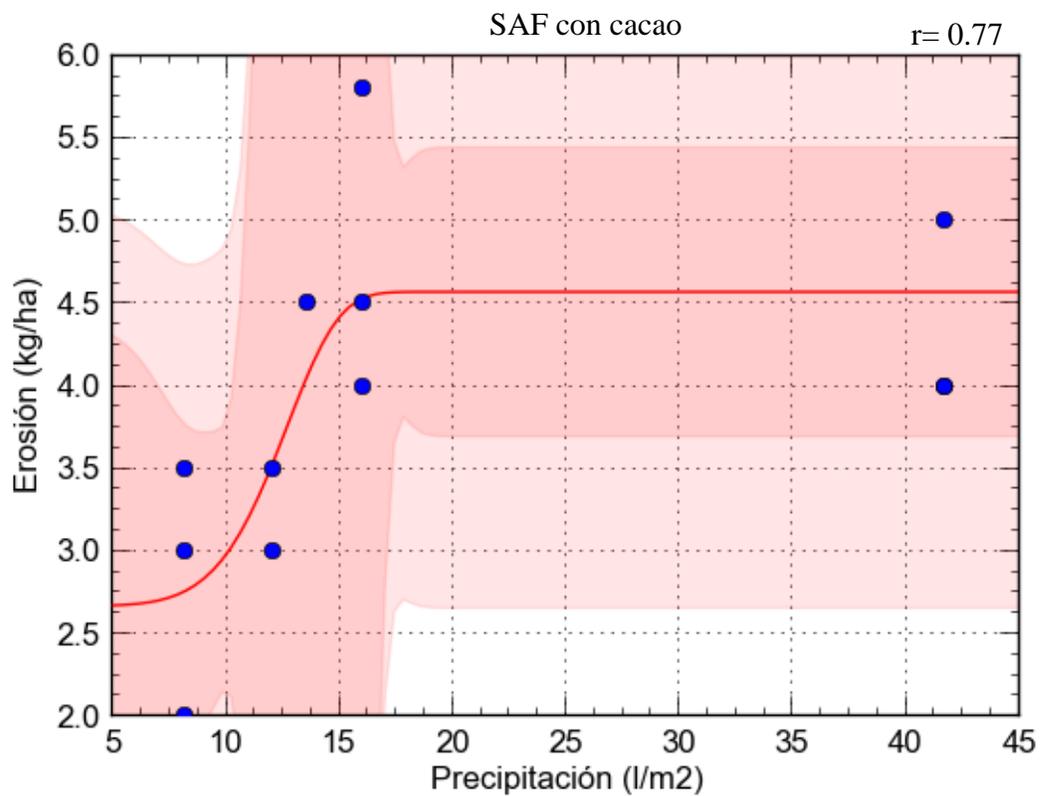
$$\text{Erosión (kg/ha)} = 29.264272 - (18.998056)(2.718281)^{-(5.781597^{-10})(\text{Precipitación mm})^{7.086073}}$$



**Figuras 7.** Ajuste del modelo Weibull para el suelo sin cobertura en la zona de Vallecito, Río Tinto, Catacamas, Olancho

Erosión en SAF con cacao y arboles maderables.

$$\text{Erosión (kg/ha)} = 4.572588 - (1.902429)(2.718281)^{-(5.657221 \cdot 10^{-8})(\text{Precipitación mm})^{6.507373}}$$



**Figuras 8.** Ajuste del modelo Weibull para el uso de suelo SAF con cacao y arboles maderables en Vallecito de Río Tinto, Catacamas, Olancho

**Tabla 1.** Modelos sigmoidales y sus ecuaciones que presentaron un mejor ajuste en las coberturas de suelo sometidas a estudio en Vallecito, Río Tinto, Catacamas, Olancho

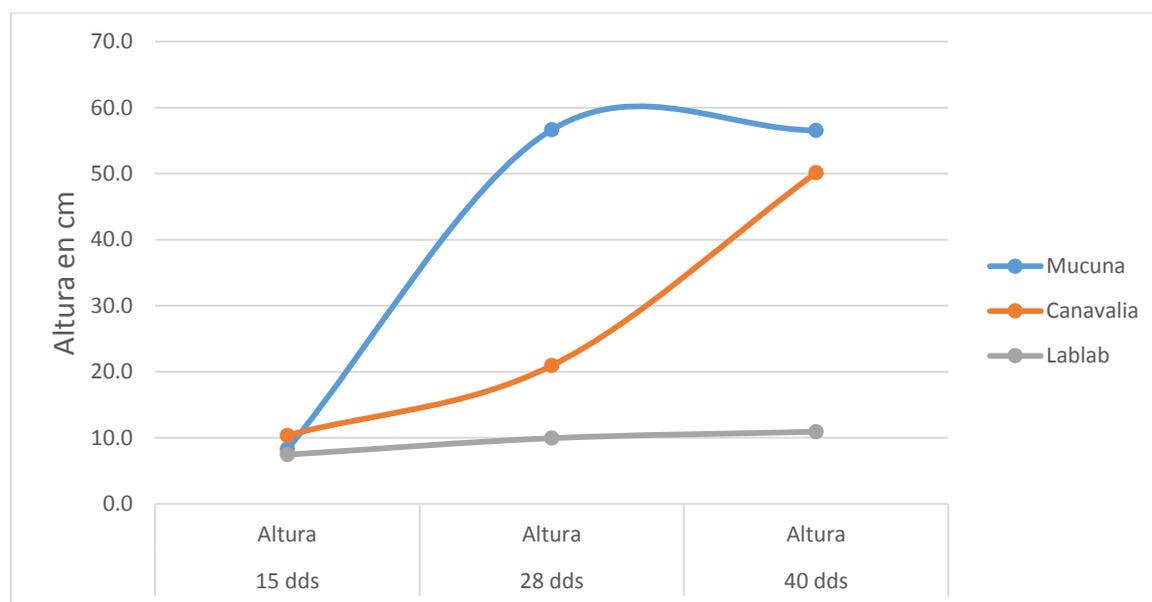
Uso de suelo	Ecuación de regresión	R	Error estándar	Modelo Sigmoidal
Suelo sin cobertura	Escorrentía (l/m <sup>2</sup> )= $-0.128424/[1 + (-1.010617)(2.718281)^{(-0.000203)(Precipitación\ mm)}]$	0.9634	5.6742	Logístico
	Erosión (kg/ha)= $29.264272 - (18.998056)(2.718281)^{-(5.781597^{-10})(Precipitación\ mm)^{7.086073}}$	0.9676	2.4775	Weibull
SAF con cacao	Escorrentía (l/m <sup>2</sup> )= $12.184364 - (9.607981)(2.718281)^{(-3.567164^{-10})(Precipitación\ mm)^{5.618131}}$	0.9088	0.7485	Weibull
	Erosión (kg/ha)= $4.572588 - (1.902429)(2.718281)^{-(5.657221^{-08})(Precipitación\ mm)^{6.507373}}$	0.7793	0.7386	Weibull

3

## 5.6. Abonos verdes

### Altura

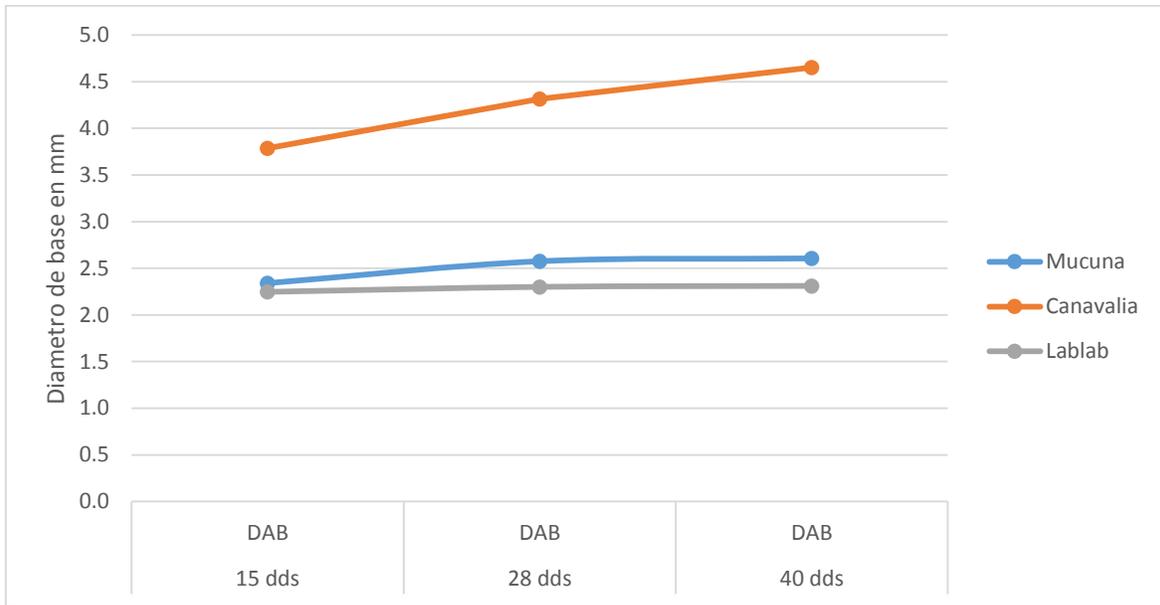
Se realizó tres mediciones de altura, donde la *Mucuna pruriens* fue la que presentó un mayor rendimiento, esto por la fisiología de la planta que es una planta trepadora, la canavalia al final del estudio presentó rendimientos similares a los de la *Cannavalia ensiformis*, mientras tanto los *Lablab purpureus* presentaron un crecimiento bastante bajo durante todo el periodo de estudio, es una planta de crecimiento lento en sus primeros meses de plantación.



**Figuras 9.** Ganancia de altura por planta de abonos verdes en periodo de estudio en SAF con cacao y árboles maderables

### Diámetro de la base

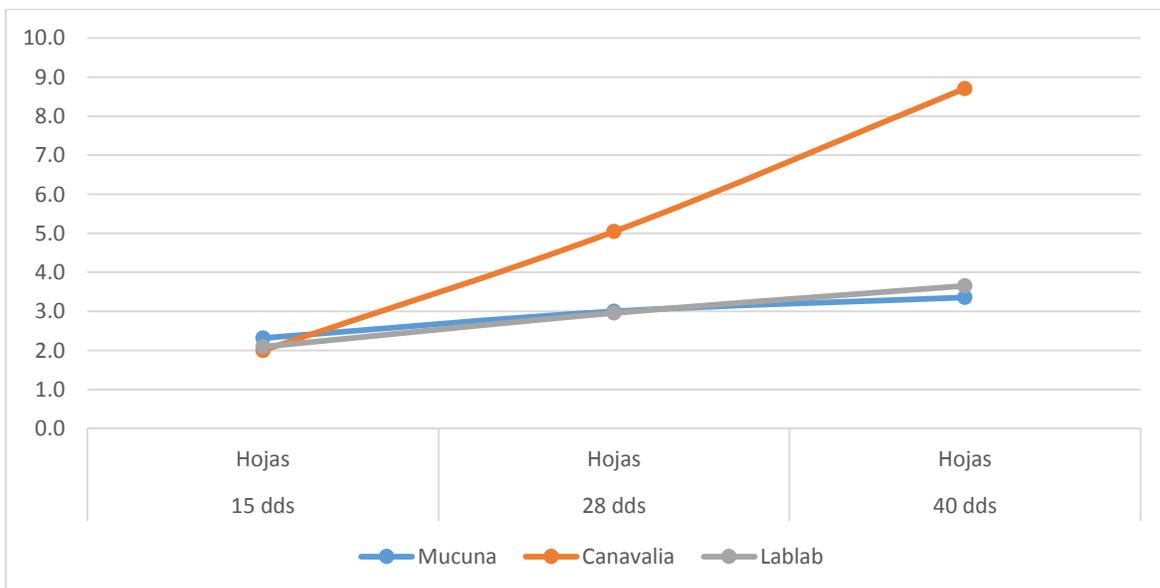
Los resultados obtenidos en la medición de diámetro de la base en cada planta nos indican que existe una tendencia muy marcada en ganancia de diámetro de la base en la variedad de *Cannavalia*, las otras variedades presentaron datos bastante bajos (Figura 10).



**Figuras 10.** Diámetro de la base por planta de abonos verdes en periodo de estudio en SAF con cacao y arboles maderables

### Cantidad de hojas

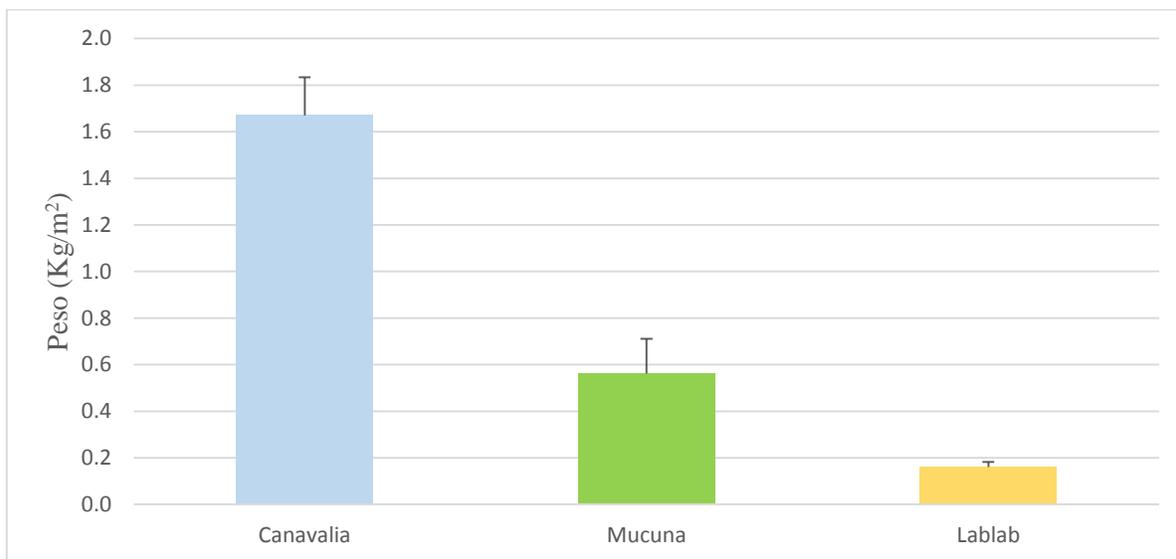
Según las mediciones realizadas en cantidad de hojas obtenidas por planta la variedad que mostro un mejor rendimiento fue la Canavalia (Figura 11).



**Figuras 11.** Promedio de hojas por planta de abonos verdes en periodo de estudio en SAF con cacao y arboles maderables

### Aporte de biomasa

La ganancia de peso de los abonos verdes en estudio presentó datos distintos para cada variedad de abono verde, los Dolicos presentaron un peso promedio de 0.2 kg es un peso relativamente bajo a lo que se esperaba, la Mucuna presento un peso promedio de 0.6 kg son pesos bastante bajos por otra parte la variedad que presento mejor aporte de biomasa fue la canavalia que obtuvo un peso promedio de 1.7 kg.



**Figuras 12.** Aporte de biomasa por variedad de abonos verdes en SAF con cacao y arboles maderables. Barras de error indican la desviación estándar

### 5.7.Fertilidad de suelos

### 5.8.Propiedades químicas

#### 5.8.1. pH

Los resultados de los análisis de suelo muestran que el pH de dos fincas es generalmente ácidos, con valores 5.42 y 5.90, aunque las otras fincas presentan un pH de 6.77 y 6.38. De acuerdo con CATIE (2011) los rangos óptimos de pH para el cultivo del cacao oscilan entre 4 y 7, en cuanto al pH los suelos están aptos para el cultivo de cacao.

### 5.8.2. Materia Orgánica

Los resultados del análisis de suelos muestran que la materia (MO) encontrados en las fincas de SAF con cacao en Vallecito de Rio Tinto presentan valores de 42.5, 30.76, 27 y 25.1  $g\ kg^{-1}$  lo que corresponde al 4.25%, 3.76%, 2.7% y 2.51% respectivamente. Los niveles de MO encontrados no son los óptimos para la producción ya que el cultivo de cacao presenta mejor producción en suelos ricos en materia orgánica.

### 5.8.3. Macronutrientes primarios

**Carbono total:** los resultados obtenidos de nitrógeno total en los SAF con cacao en Vallecito Rio Tinto muestras valores de 1.35, 1.25, 2.12 y 1.54  $g\ kg^{-1}$  son contenidos de carbono que están por la media esperada para cada finca.

**Fosforo:** los niveles de P que presentan tres de las fincas en estudio son 2 ppm o  $mg\ kg^{-1}$  son niveles muy bajos, la finca de Narciso Gutiérrez fue la que presento mejores niveles de P 6 ppm o  $mg\ kg^{-1}$ . De acuerdo con Arévalo (1986) los niveles óptimos de P son de 8-10 ppm o  $mg\ kg^{-1}$ . La deficiencia de P en el cultivo de cacao provoca una deficiencia en el sistema radicular de la planta.

**Potasio:** los resultados obtenidos de potasio en las fincas en estudio muestran valores de 68, 47, 70 y 49  $mg\ kg^{-1}$  los cuales son bajos para el cultivo de cacao. En general las fincas muestran baja cantidad y calidad de K disponible para la planta.

#### **5.8.4. Macronutrientes secundarios**

**Calcio y Magnesio:** las fincas en estudio muestran niveles de calcio 3440, 1850, 3730 y 6370 ppm o mg kg<sup>-1</sup>. Las parcelas presentan niveles altos de Ca lo cual son condiciones no adecuadas para producción. Los niveles de Magnesio que muestran los resultados del análisis son 186, 137, 161 y 115 mg kg<sup>-1</sup> estos niveles de Mg son medios.

#### **5.8.5. Micronutrientes**

**Hierro, Manganeso, Cobre y Zinc:** los niveles de Hierro presentes en el suelo de las fincas de cacao son muy buenas a excepción de la finca de Don Narciso Gutiérrez que presenta niveles bajos de Fe. Los datos que arroja el análisis de suelo muestran que todas las fincas en estudio presentan altos contenidos de Mn, estos niveles no son los adecuados para los suelos. Los niveles presentes de Cobre en dos fincas son muy buenos, estos niveles son aceptables para tener una buena producción, las otras dos fincas presentaron niveles bajos de Cu. En general los niveles de Zinc que muestra el análisis de suelo son adecuados, solo una finca presento niveles de Zn un poco elevados (Cuadro 4).

**Tabla 2.** Análisis químico de suelos en fincas de Vallecito de Rio Tinto, en el estudio de fertilidad y calidad de suelos en SAF con cacao orgánico en Catacamas Olancho.

Variable	Unidad	Fincas de cacao orgánico, Vallecito en Rio Tinto, Olancho							
		Narciso Gutiérrez		Vicente Hernández		Valeriano Padilla		Carlos Hernández	
pH		6.77	M	5.42	M	5.90	M	6.38	M
MO	$g\ kg^{-1}$	27	M	25.1	M	42.5	M	30.76	M
Nitrógeno total	$g\ kg^{-1}$	1.35	B	1.25	B	2.12	M	1.54	B
P	$mg\ kg^{-1}$	6	B	2	B	2	B	2	B
K	$mg\ kg^{-1}$	68	B	47	B	70	M	49	B
Ca	$mg\ kg^{-1}$	3440	M	1850	M	3730	M	6370	M
Mg	$mg\ kg^{-1}$	186	M	137	M	161	M	115	M
Fe	$mg\ dm^3$	17.5	M	44.5	M	38.2	M	33.2	M
Mn	$mg\ dm^3$	23.9	A	56.5	A	31.3	A	52.1	A
Cu	$mg\ dm^3$	0.48	B	0.84	M	1.40	M	2.34	M
Zn	$mg\ dm^3$	2.26	M	2.24	M	2.58	M	3.32	M

Los colores representan niveles: Rojo ■: no adecuado (alto o bajo), Verde ■: adecuado (medio)

**Tabla 3.** Recomendaciones químicas y orgánicas de fertilizantes a utilizar en fincas de cacao en la zona de Río Tinto, Catacamas, Olancho

N°	Finca de Cacao	Recomendación Química	Recomendación Orgánica
1	Narciso Gutiérrez	<p><b>Inicio de lluvia</b>                      5.5 onzas/planta de 12-24-12                      1.6 onzas/plantas nitrato de amonio                      1 onzas/planta de cloruro de potasio</p> <p><b>Final de lluvia</b>                      1 onzas/planta nitrato de amonio                      1.5 onzas/planta de cloruro de potasio</p> <p>Foliarmente aplicar 5 cc/planta de agua de sulfato de cobre 2 veces al año</p>	<p>Aplicación de bokashi bien mineralizado y compostas, cada dos meses, 2 kg/planta o 2 ton/ha</p> <p>Foliarmente aplicar caldos mineralizados y microbiología Cada 15 días</p>
2	Vicente Hernández	<p>30 días antes de fertilización al suelo aplicar 2 onzas/plantas de cal dolomita como fuente de calcio y magnesio</p> <p><b>Inicio de lluvia</b>                      5.5 5.5 onzas/planta de 12-24-12                      2.8 onzas/plantas nitrato de amonio                      1.5 onzas/planta de cloruro de potasio</p> <p><b>Final de lluvia</b>                      1.8 onzas/planta nitrato de amonio                      2 onzas/planta cloruro de potasio</p>	<p>Aplicación de bokashi bien mineralizado y compostas cada dos meses 2 kg/planta o 2 ton/ha</p> <p>Foliarmente aplicar caldos mineralizados y microbiología Cada 15 días</p>

3	Valeriano Padilla	<p><b>Inicio de lluvia</b>  5.5 onzas/planta de 12-24-12  2 onzas/plantas nitrato de amonio  1.5 onzas/planta de cloruro de potasio</p> <p><b>Final de lluvia</b>  1.5 onzas/planta nitrato de amonio  2 onzas/planta cloruro de potasio</p>	<p>Aplicación de bokashi bien mineralizado y compostas cada dos meses 2 kg/planta o 2 ton/ha</p> <p>Foliarmente aplicar caldos mineralizados y microbiología  Cada 15 días</p>
4	Carlos Hernández	<p><b>Inicio de lluvia</b>  5.5 onzas/planta de 12-24-12  2 onzas/plantas nitrato de amonio  1.5 onzas/planta de kieserita</p> <p><b>Final de lluvia</b>  1.5 onzas/planta nitrato de amonio  2 onzas/planta cloruro de potasio</p>	<p>Aplicación de bokashi bien mineralizado y compostas cada dos meses 2 kg/planta o 2 ton/ha</p> <p>Foliarmente aplicar caldos mineralizados y microbiología  Cada 15 días</p>

## **VI. CONCLUSIONES**

- a. Los SAF presentaron niveles bajos de erosión y escorrentía por ser suelos con presencia buena cobertura que ayuda a mitigar los daños producidos por la lluvia, en comparación con los suelos sin cobertura
  
- b. De las tres variedades de abonos verdes sometidos a estudio la que presentó mejor rendimiento en aporte de biomasa al suelo fue la *Cannavalia ensiformis*
  
- c. En general las fincas de cacao en estudio por ser parcelas recién plantadas presentan niveles adecuados de propiedades químicas en sus suelos

## **VII. RECOMENDACIONES**

- a. Utilizar técnicas adecuadas de producción, como los sistemas agroforestales, los cuales reducen los niveles de erosión y degradación de los suelos
  
- b. Se recomienda el uso de la manta en cada uno de los barriles, porque resulta más fácil la toma y evaluación de los datos obtenidos de erosión, producida en la parcela en estudio
  
- c. Como abono verde se recomienda el uso de *Cannavalia ensiformis* es un tipo de abono que presenta mayor aporte de biomasa y un mejor rendimiento en condiciones adversas (sequía)
  
- d. De acuerdo a los análisis de suelo, para mejorar la fertilidad y calidad de los suelos de los SAF se recomienda realizar aplicaciones de bokashi bien mineralizados y compostas

## VII. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar J. 2010. Determinación del carbono acumulado y volumen de la biomasa arbórea en sistemas agroforestales y silvopastoriles en Cuyamel, Olancho, Honduras. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura. 81 p.

Aguilar M. 2010. Diagnostico biofísico, socioeconómico y ambiental de las comunidades: El Pelon Ologosí y Santa Catarina del municipio de Intibucá. Tesis Lic. Recursos Naturales y Ambiente. Universidad Nacional de Agricultura. Olancho, HN. 104 p.

Brady, N; Weil, R. 1994. The nature and properties of soli. New York, U.S.A. Editorial Macmillan company. 639 p.

Doran I; Parkin T. 1994. Defining and assessing soil quality. In defining soil quality for a sustainable environment. Ed. By D.F. Bezdicsek, D.e. Coleman, S.W. Doran; B.A. Steward Madison, Wisconsin, U.S.A. Special Publicantion Number 35. 3-21 p.

Cerda, A.1993. Estabilidad de agregados en suelos degradados. Nuevos procesos territoriales, p. 187-192

De Alba S *et al* 2011. Erosión y manejo del suelo. Importancia del laboreo ante los procesos erosivos naturales y antrópicos. Universidad Computense de Madrid.26 p.

FAO.2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Roma, Italia.234p.i

Farfán, R. 2002. Determinación del Índice de Erosividad Pluvial (R) de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos, en la VII Región del Maule. Tesis Ing. Forestal. Talca, Chile. Universidad de Talca, Facultad de Ciencias Forestales. 123 p.

FHIA. 2004. Guía sobre Prácticas de conservación de suelos. La Lima, Cortes HN. 19 p.

Morgan, R. 1997. Erosión y conservación del suelo. (En línea). Madrid, España. Consultado 27 oct. 2015. Disponible en: <http://books.google.cl/books>

Ortiz Guerrero, A; Riscos Chalbaud, L. 2006. Almacenamiento y fijación de carbono del sistema agroforestal cacao *teobroma cacao* y laurel *cordial alliodora* en la reserva indígena de Talamanca, Costa Rica. Tesis Ing. Agroforestal. Universidad de Nariño Costa Rica 111 p.

Rengifo, G.A.; Palencia, G.E.; Mantilla, J.; Güiza P. O.; Castilla C.; Escobar, M. L. 2012. Pérdida de suelo por erosión hídrica en sistemas agroforestales con énfasis en cacao en los municipios de rio negro y el playón (Santander).CDMB. Venezuela. no:6, 18p.

# ANEXOS

**Anexo 1.** Parcelas de erosión implementadas en dos tipos de uso de suelo



a. Suelo sin cobertura



b. SAF con cacao

**Anexo 2.** Recolección y tabulación de datos en estudio



a. Recolección de muestras de



b. Secado de tierra



c. Pesado de muestras



d. Mediciones en abonos verdes

### Anexo 3. Resultados de análisis de suelo de propiedades químicas en SAF con cacao

FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA  
LABORATORIO QUÍMICO AGRÍCOLA  
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS

Nombre: Juan Manuel Salinas M./Aprosasaco Municipio: Catacamas  
Identificación: Valesino Padilla, Valesco Departamento: Olanchito  
No Solicitud: 381174 Cultivo: Cacao  
No Laboratorio: 409 Fecha: 2016/03/28

pH	5.90	M	Hierro (Fe)	39.2 mg/dm <sup>3</sup>	A	Interpretación
Materia Orgánica	42.5 g/kg	M	Manganeso (Mn)	31.3 mg/dm <sup>3</sup>	A	% = g/kg
Nitrogeno Total	2.12 g/kg	M	Cobre (Cu)	1.40 mg/dm <sup>3</sup>	A	ppm = mg/kg
Fosforo (P)	2 mg/kg	B	Zinc (Zn)	2.58 mg/dm <sup>3</sup>	M	ppm = mg/dm <sup>3</sup>
Potasio (K)	70 mg/kg	B	Boro (B)	mg/dm <sup>3</sup>	B	A = Alto
Calcio (Ca)	3730 mg/kg	M				M = Medio
Magnesio (Mg)	161 mg/kg	M				B = Bajo
Azútre (S)	mg/kg	B				

Recomendación Kilogramo/Hectarea

Nitrogeno ( N ) : Calcio ( CaO ) : Zinc ( Zn )  
Fosforo ( P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ) : Magnesio ( MgO ) : Boro ( B )  
Potasio ( K<sub>2</sub>O ) : Azútre ( S )

Comentario:



FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA  
LABORATORIO QUÍMICO AGRÍCOLA  
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS

Nombre: Juan Manuel Salinas M./Aprosasaco Municipio: Catacamas  
Identificación: Narciso Gutiérrez, Valesco Departamento: Olanchito  
No Solicitud: 381172 Cultivo: Cacao  
No Laboratorio: 410 Fecha: 2016/03/28

pH	6.77	M	Hierro (Fe)	17.5 mg/dm <sup>3</sup>	A	Interpretación
Materia Orgánica	27 g/kg	B	Manganeso (Mn)	23.9 mg/dm <sup>3</sup>	A	% = g/kg
Nitrogeno Total	1.35 g/kg	B	Cobre (Cu)	0.48 mg/dm <sup>3</sup>	B	ppm = mg/kg
Fosforo (P)	6 mg/kg	B	Zinc (Zn)	2.26 mg/dm <sup>3</sup>	M	ppm = mg/dm <sup>3</sup>
Potasio (K)	58 mg/kg	B	Boro (B)	mg/dm <sup>3</sup>	B	A = Alto
Calcio (Ca)	3440 mg/kg	M				M = Medio
Magnesio (Mg)	186 mg/kg	M				B = Bajo
Azútre (S)	mg/kg	B				

Recomendación Kilogramo/Hectarea

Nitrogeno ( N ) : Calcio ( CaO ) : Zinc ( Zn )  
Fosforo ( P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ) : Magnesio ( MgO ) : Boro ( B )  
Potasio ( K<sub>2</sub>O ) : Azútre ( S )

Comentario:



FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA  
LABORATORIO QUÍMICO AGRÍCOLA  
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS

Nombre: Juan Manuel Salinas M./Aprosasaco Municipio: Catacamas  
Identificación: Carlos Hernandez Valesco Departamento: Olanchito  
No Solicitud: 381173 Cultivo: Cacao  
No Laboratorio: 411 Fecha: 2016/03/28

pH	6.30	M	Hierro (Fe)	33.2 mg/dm <sup>3</sup>	A	Interpretación
Materia Orgánica	30.76 g/kg	M	Manganeso (Mn)	52.1 mg/dm <sup>3</sup>	A	% = g/kg
Nitrogeno Total	1.54 g/kg	B	Cobre (Cu)	2.34 mg/dm <sup>3</sup>	A	ppm = mg/kg
Fosforo (P)	2 mg/kg	B	Zinc (Zn)	3.32 mg/dm <sup>3</sup>	M	ppm = mg/dm <sup>3</sup>
Potasio (K)	49 mg/kg	B	Boro (B)	mg/dm <sup>3</sup>	B	A = Alto
Calcio (Ca)	6370 mg/kg	A				M = Medio
Magnesio (Mg)	115 mg/kg	B				B = Bajo
Azútre (S)	mg/kg	B				

Recomendación Kilogramo/Hectarea

Nitrogeno ( N ) : Calcio ( CaO ) : Zinc ( Zn )  
Fosforo ( P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ) : Magnesio ( MgO ) : Boro ( B )  
Potasio ( K<sub>2</sub>O ) : Azútre ( S )

Comentario:



FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA  
LABORATORIO QUÍMICO AGRÍCOLA  
RESULTADOS E INTERPRETACIÓN DE ANÁLISIS DE SUELOS

Nombre: Juan Manuel Salinas M./Aprosasaco Municipio: Catacamas  
Identificación: Vicente Hernandez Valesco Departamento: Olanchito  
No Solicitud: 381174 Cultivo: Cacao  
No Laboratorio: 412 Fecha: 2016/03/28

pH	5.42	M	Hierro (Fe)	44.5 mg/dm <sup>3</sup>	A	Interpretación
Materia Orgánica	25.1 g/kg	B	Manganeso (Mn)	56.5 mg/dm <sup>3</sup>	A	% = g/kg
Nitrogeno Total	1.25 g/kg	B	Cobre (Cu)	0.84 mg/dm <sup>3</sup>	M	ppm = mg/kg
Fosforo (P)	2 mg/kg	B	Zinc (Zn)	2.24 mg/dm <sup>3</sup>	M	ppm = mg/dm <sup>3</sup>
Potasio (K)	47 mg/kg	B	Boro (B)	mg/dm <sup>3</sup>	B	A = Alto
Calcio (Ca)	1860 mg/kg	M				M = Medio
Magnesio (Mg)	137 mg/kg	B				B = Bajo
Azútre (S)	mg/kg	B				

Recomendación Kilogramo/Hectarea

Nitrogeno ( N ) : Calcio ( CaO ) : Zinc ( Zn )  
Fosforo ( P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ) : Magnesio ( MgO ) : Boro ( B )  
Potasio ( K<sub>2</sub>O ) : Azútre ( S )

Comentario:



**Anexo 4.** Formato para solicitud de recomendaciones de fertilizantes a aplicar en parcelas de cacao



## 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 zig-zag) \_\_\_\_\_
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 \_\_\_\_\_
- 9.4. Patrón de siembra \_\_\_\_\_
- 9.5. El cultivo presenta amarillamiento general \_\_\_\_\_
- 9.6. Las hojas bajas están amarillas \_\_\_\_\_
- 9.7. Las hojas bajas presentan manchas amarillas \_\_\_\_\_
- 9.8. Hojas bajas con trazas rojas \_\_\_\_\_
- 9.9. Las hojas jóvenes están torcidas o deformadas \_\_\_\_\_

- 9.10. Los frutos parecen torcidos \_\_\_\_\_
- 9.11. Los frutos en las puntas aparecen con lesiones \_\_\_\_\_
- 9.12. El peso del fruto es bajo \_\_\_\_\_

10. Enviar fotografías del paisaje, cultivo y del suelo.

**Anexo 5.** Interpretación del análisis de fertilidad de suelos en la FHIA

Determinación analítica	Bajo	Medio	Alto
pH	≤ 5.0	5.1-6.8	≤ 6.9
NT %	≤ 0.2	0.6-0.4	≤ 0.5
M.O. %	≤ 3.0	3.1-5.0	≤ 5.1
P ppm	≤ 10.0	10-20	≤ 21
K ppm	≤ 98.2	99-234	≤ 235
Ca ppm	≤ 799.0	800-6000	≤ 6001
Mg ppm	≤ 150.0	151-250	≤ 251
S ppm	≤ 19.0	20-80	≤ 81
Fe ppm	≤ 5.0	5.1-15	≤ 16
Mn ppm	≤ 2.0	2.1-10	≤ 11
Cu ppm	≤ 0.5	0.51-10	≤ 10.1
Zn ppm	≤ 1.0	1.1-5.0	≤ 5.1
B ppm	≤ 0.5	0.51-8.0	≤ 8.1

**Anexo 6.** Colocación de mantas en los barriles para la recolección de tierra erosionada



a. Manta utilizada



b. Colocación de la manta



c. Muestra de tierra



d. Extracción de muestra