

Evaluación de cuatro leguminosas como cultivos de cobertura en Zamorano, Honduras

Raúl Adán Velado Hernández

Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras
Noviembre, 2020

ZAMORANO
CARRERA DE INGENIERIA AGRONOMICA

Evaluación de cuatro leguminosas como cultivos de cobertura en Zamorano, Honduras

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Raúl Adán Velado Hernández

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2020

Evaluación de cuatro leguminosas como cultivos de cobertura en Zamorano, Honduras

Presentado por:

Raúl Adán Velado Hernández

Aprobado:

Rony Muñoz (Nov 11, 2020 08:45 CST)

Rony Francisco Muñoz Molina, M.Sc.
Asesor Principal

Rogel Castillo, M.Sc.
Director
Departamento de Ciencia y Producción
Agropecuaria

Iveth Yassmin Rodríguez (Nov 11, 2020 09:34 CST)

Iveth Yassmin Rodríguez, M.Sc.
Asesora

Luis Fernando Osorio, Ph.D.
Vicepresidente y Decano Académico

Evaluación de cuatro leguminosas como cultivos de cobertura en Zamorano, Honduras

Raúl Adán Velado Hernández

Resumen. Los suelos son un recurso importante porque sobre este se producen los alimentos que consumimos, sin embargo, en los últimos años aproximadamente el 33% de los suelos a nivel mundial se encuentran afectados por la erosión, compactación, acidificación y contaminación debido al uso excesivo de productos químicos. Los cultivos de cobertura son cubierta vegetal viva ya sea temporal o permanente, que se puede cultivar en asocio y en rotación. Los objetivos de este estudio fueron evaluar las especies de leguminosas: *Dolichos lablab* L., *Vigna unguiculata* L., *Crotalaria juncea* L. y *Canavalia ensiformis* L., el efecto del área de cobertura foliar en la incidencia de *Cyperus rotundus*, aporte de biomasa y presencia de nódulos en las raíces. Se usó un Diseño de Bloques Completamente al Azar con cuatro repeticiones y se tuvo una densidad de siembra de 166.660 plantas/ha para cada tratamiento. *Vigna unguiculata* y *Canavalia ensiformis* presentaron mayor área de cobertura foliar al día 57, sin embargo, se obtuvo una menor incidencia de malezas en el tratamiento de *Crotalaria juncea*. En el aporte de biomasa, *Canavalia ensiformis* tuvo mayor peso en materia seca, y representó el mayor potencial de incorporación de biomasa al suelo. Todas las leguminosas presentaron nódulos de distintos tamaños, evidenciando la actividad biológica de rizobios en el suelo, observando una tendencia al aumento de nitrógeno en el suelo a largo plazo. Todos los tratamientos utilizados tuvieron resultados favorables en las variables evaluadas, las leguminosas *Canavalia ensiformis*, *Vigna unguiculata* y *Crotalaria juncea* fueron las que presentaron mejores resultados.

Palabras clave: Materia orgánica, nutrientes, nodulación, relación C:N.

Abstract. Soils are an important resource because the food we consume is produced on it, however, in recent years approximately 33% of the world's soils are affected by erosion, compaction, acidification and contamination due to the excessive use of chemical products. Cover crops are living plant cover, whether temporary or permanent, that can be grown in association and in rotation. The objectives of this study were to evaluate the legume species: *Dolichos lablab* L., *Vigna unguiculata* L., *Crotalaria juncea* L. and *Canavalia ensiformis* L., the effect of the leaf coverage area on the incidence of *Cyperus rotundus*, biomass contribution and presence of nodules on the roots. A Completely Random Block Design was used with four repetitions and there was a planting density of 166,660 plants / ha for each treatment. *Vigna unguiculata* and *Canavalia ensiformis* presented a greater area of foliar coverage at day 57, however, a lower incidence of weeds was obtained in the treatment of *Crotalaria juncea*. Regarding the biomass contribution, *Canavalia ensiformis* was the legume that had the highest weight in dry matter and represented the highest potential for incorporation of biomass into the soil. All legumes present nodules of different sizes, evidencing the biological activity of rhizobia in it, observing a tendency to increase nitrogen in the soil in the long term. All the treatments used had favorable results in the variables evaluated, the legumes *Canavalia ensiformis*, *Vigna unguiculata* and *Crotalaria juncea* were the ones that presented the best results.

Key words: Organic matter, nutrients, nodulation, C:N ratio.

INDICE GENERAL

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Índice general	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	4
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	6
4. CONCLUSIONES.....	12
5. RECOMENDACIONES.....	13
6. LITERATURA CITADA	14
7. ANEXOS	17

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Páginas
1. Evaluación de cuatro leguminosas como cultivos de cobertura de forma rotacional en Zamorano, Honduras	4
2. Área de cobertura foliar de los diferentes tratamientos implementados en el experimento a los 16, 37 y 57 DDS en Zamorano, Honduras	7
3. Aporte de biomasa como materia fresca y seca de los tratamientos para uso como potencial incorporación de materia orgánica al suelo.....	9
4. Conteo y tamaño de nódulos en los tratamientos, para observar presencia de bacteria fijadora de nitrógeno en el suelo.....	10

Figuras	Páginas
1. Efecto de los tratamientos en el control de <i>Cyperus rotundus</i>	8
2. Aporte de nitrógeno y materia orgánica de cada leguminosa al suelo al inicio y final de la investigación.....	11

Anexos	Páginas
1. Distribución espacial aleatoria de los tratamientos de cultivo de cobertura en el lote de parcelas, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.....	17
2. Malezas encontradas en las unidades experimentales durante la investigación, días después de siembra (DDS).....	18
3. Resultados del primer análisis de suelo del lote de parcelas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.....	19
4. Resultados del segundo análisis de suelo del lote de parcelas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.....	19
5. Peso de 100 semillas de cada leguminosa, cantidad de semilla requeridas para una siembra a una densidad de 166,666 plantas/ha y días a floración de los cultivos.....	20

1. INTRODUCCIÓN

Los suelos son un recurso muy importante, porque sobre este se producen los alimentos que consumimos, sin embargo, en los últimos años aproximadamente el 33% de los suelos nivel mundial se encuentran afectados por la erosión, compactación, acidificación y contaminación por el uso excesivo de productos químicos (FAO 2015). En la región centroamericana se tienen áreas con suelos muy afectados por la compactación provocada por producciones ganaderas y uso indebido de la maquinaria agrícola, por lo tanto, se debe buscar una solución a estos problemas. Una opción viable sería el uso de los cultivos de cobertura, los cuales pueden mejorar las características del suelo para un mejor desarrollo de los cultivos (Sánchez *et al.* 2010).

En la actualidad, el uso excesivo de fertilizantes y plaguicidas han provocado problemas como pérdida de fertilidad y capacidad productiva de los suelos. Estos problemas se complican en las zonas con climas tropicales, donde existe movimiento intenso del suelo y destrucción rápida de materia orgánica, tornándose áreas agrícolas más vulnerables a fenómenos climáticos, hídricos y térmicos (Primavesi 2002). Actualmente en el ámbito agrícola existe una tendencia para desarrollar sistemas sostenibles donde se busca reducir los productos químicos y los costos de producción. Ante esta situación, se busca una alternativa para mejorar la fertilidad del suelo, una de ellas puede ser el uso de cultivos de cobertura.

Los cultivos de cobertura se definen como cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que es temporal o permanente, el cual puede estar cultivado en asocio y en rotación. Aunque los cultivos de cobertura pueden pertenecer a cualquier familia de plantas, la mayoría son leguminosas (Hernández *et al.* 2012). El aumento de las áreas con rotaciones de cultivos de cobertura, reducen los niveles de exceso de N en el suelo a través de la absorción, lo cual disminuye el riesgo de lixiviación en períodos con exceso hídrico, reduciendo el riesgo de la contaminación en las aguas freáticas (Constantin *et al.* 2010).

Los cultivos de cobertura aparte de aportar una cantidad considerable de N en el suelo, producen un incremento de rendimiento en los cultivos futuros lo cual ha sido denominado efecto de rotación, conservando de mejor manera el agua, controlando malezas, y mejorando las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos reduciendo presión de algunos patógenos (Ruffo y Parsons 2004). Los cultivos de cobertura mejoran la porosidad del suelo y la resistencia a la penetración, lo que ayuda a que los cultivos futuros tengan un desarrollo radicular mayor, logrando que estos absorban de mejor manera los nutrientes en el suelo (Sánchez *et al.* 2010).

Estos cultivos cumplen con amplias funciones, ejemplo de ellas es la supresión de malezas, ya que, debido al follaje y la densidad de siembra, logran abarcar todo el espacio captando la mayor radiación solar y evitando que las malezas de los cultivos se desarrollen. En el caso de Zamorano, existen lotes de producción que llegan a estar sin uso por un período largo de tiempo, durante el cual se permite el crecimiento a la maleza aumentando el banco de semillas de malezas en el suelo. El uso de cultivos de cobertura de forma rotacional, es una opción para reducir la presión de malezas. Esto es de interés para los agricultores ya que podrían reducir los costos por herbicidas y fertilizantes. Según Buratovich y Acciaresi (2017) a través de la competencia de recursos como el agua, los nutrientes, la radicación solar y por su rápido crecimiento foliar, los cultivos de cobertura afectan la emergencia, desarrollo y producción de las semillas de las malezas.

Otra de las funciones de los cultivos de cobertura es la capacidad de proteger el suelo de la erosión, ya que evitan el impacto directo de la precipitación y el viento. Es importante considerar el tiempo en que el cultivo de cobertura cubre y protege la superficie del suelo, para lograr proteger de la erosión y reducir la lixiviación de nutrientes en el suelo (Puertas *et al.* 2008).

Cuando se usan leguminosas como cultivos de cobertura, estas fijan nitrógeno atmosférico (N₂) al suelo, mediante la asociación simbiótica de bacterias, principalmente del género *Rhizobium* con la raíz de la planta (Gómez y Gonzáles 2018). Según Baca *et al.* (2000), el nitrógeno atmosférico es la reserva más abundante en la biosfera, sin embargo, los únicos seres vivos capaces de aprovecharlo están en el dominio Bacteria y Archaea, debido al complejo enzimático de la nitrogenasa. Estos microorganismos viven en colonias (nódulos), en las raíces de estas plantas, donde la planta huésped aporta el sustrato energético y las bacterias aportan el nitrógeno orgánico fijado desde la atmosfera (Gaitán y Mairena 2017). El aprovechamiento de los beneficios de esta asociación es importante, ya que, al tener un estimado de la cantidad de nitrógeno fijada, es posible reducir las aplicaciones irracionales de fertilizantes nitrogenados. Castro (2016) afirma que, las aplicaciones de altos niveles de N químico tienen impactos negativos como la producción de óxido nitroso (gas de efecto invernadero) y acumulación de nitratos en aguas freáticas, lo cual aumenta el calentamiento global y afecta la salud humana. Al tener un estimado de la cantidad de nitrógeno fijado, se puede reducir la cantidad aplicada, sin afectar negativamente la productividad agrícola, ya que es un elemento clave para el crecimiento vegetativo, floración y desarrollo de frutos (Gaitán y Mairena, 2017).

Además, incorporar la biomasa de estos cultivos de cobertura al suelo, aumenta la cantidad de materia orgánica, por ende, la fertilidad del suelo lo que permite que se conviertan en abonos verdes. Los abonos verdes son plantaciones generalmente de leguminosas que se utilizan principalmente para la producción de biomasa vegetal con alto nivel nutricional, y que luego se incorporan al suelo con el objetivo de incrementar la materia orgánica en el suelo teniendo un impacto positivo en las propiedades físicas, químicas y biológicas, generando un impacto positivo en los rendimientos de los cultivos (Prager *et al.* 2012).

Las leguminosas *Crotalaria juncea L.*, *Canavalia ensiformis L.*, *Dolichos lablab L.* y *Vigna unguiculata L.* han sido seleccionadas en Zamorano para usarlas como cultivos de cobertura por que poseen un crecimiento rápido, produciendo una considerable cantidad de biomasa y con una capacidad importante para fijar nitrógeno. Balañá *et al* (2010) reportó que *C. juncea* *C. ensiformis* pueden llegar a fijar hasta 275 kg de N/ha al año.

Por estos antecedentes esta investigación plantea utilizar las leguminosas *Dolichos lablab*, *Vigna unguiculata*, *Crotalaria juncea* y *Canavalia ensiformis*, como cultivos de cobertura con los siguientes objetivos:

- Evaluar el efecto de cobertura foliar de cada leguminosa en la incidencia de *Cyperus rotundus*.
- Determinar el aporte de biomasa como indicador del potencial de incorporación al suelo.

- Identificar la presencia de nódulos en las raíces de las leguminosas *Dolichos lablab L.*, *Vigna unguiculata L.*, *Crotalaria juncea L.* y *Canavalia ensiformis* como mecanismo de fijación biológica de nitrógeno.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación

El estudio se realizó entre los meses de mayo a agosto de 2020, en el lote de parcelas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, Valle del Yeguaré, Francisco Morazán ubicado 30 km al Este de Tegucigalpa, Honduras. Se encuentra a una altitud de 800 metros sobre el nivel del mar, con una precipitación media anual de 1200 mm, temperatura promedio de 24 °C y con latitud 14°00'36"N y longitud 87°00'40"O.

Tratamientos

En el estudio se evaluaron cuatro especies de la familia Fabaceae y se compararon con un testigo (Cuadro 1). La siembra de los cultivos se realizó el 22 de mayo de 2020, se sembraron en parcelas de 3.60 × 8 m, con un distanciamiento de 0.6 m entre surcos y 10 semillas por metro lineal para lograr una densidad de siembra de 166,660 plantas por hectárea, los bloques contaron con un sistema de riego por goteo durante toda la investigación con el fin de asegurar el crecimiento óptimo de los cultivos. También se establecieron parcelas testigos en las cuales no se sembró ningún cultivo de cobertura. Se realizaron cuatro repeticiones por cada tratamiento distribuidos en bloques completamente al azar.

Cuadro 1. Evaluación de cuatro leguminosas como cultivos de cobertura de forma rotacional en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Cultivo de Cobertura
1	<i>Dolichos lablab</i>
2	<i>Vigna unguiculata</i>
3	<i>Crotalaria juncea</i>
4	<i>Canavalia ensiformis</i>
5	Testigo

Variables evaluadas

Para evaluar los cuatro cultivos de cobertura se midió el área de cobertura foliar, la incidencia de malezas, la producción de biomasa y la fijación de nitrógeno.

Área de cobertura foliar. Se midió el área de cobertura foliar de las cuatro especies a los 16, 37 y 57 días después de la siembra (DDS). Para determinar el área foliar se ubicó en la cama central de la unidad experimental al azar un metro cuadrado, se tomaron las 10 plantas que estaban dentro del metro cuadrado y se midió el área de cada planta, midiendo largo y ancho de cada una. Luego se realizó la suma de las 10 áreas y dio como resultado el área total que las plantas cubrían en un metro cuadrado.

Incidencia de malezas. Se estimó la incidencia de malezas a los 16, 37 y 57 DDS. Se ubicó al azar un metro cuadrado en la cama central de cada unidad experimental, para evitar el efecto borde en cada parcela. Se realizó el conteo de cada especie de maleza que se encontraba en el metro

cuadrado. Después del primer muestreo de malezas, se realizó un control de malezas para evitar que las leguminosas se vieran afectadas en su desarrollo inicial.

Biomasa. Al llegar el inicio de la floración de cada cultivo de cobertura se tomaron 10 plantas sin raíz en cada unidad experimental, las cuales se picaron en trozos pequeños y se les tomó el peso fresco. El inicio de la floración de los cultivos ocurrió a los 60 días en *V. unguiculata*, 70 días en *C. juncea*, 90 días en *C. ensiformis* y en *D. lablab* las muestras se tomaron al día 91, sin que su floración hubiera iniciado. Este cultivo presenta una floración tardía entre los 90-100 días dependiendo más del fotoperiodo que de la temperatura de la zona (Pasternak 2013). Luego se colocaron en un invernadero durante dos días para que perdieran humedad y no tardara el proceso de secado en el horno, para determinar la cantidad de materia seca. El secado se realizó en un horno VWR Gravity Convection Ovens, Basic, a una temperatura de 65 °C por dos días. Se tomó el peso de materia seca de cada tratamiento como la biomasa sirviendo este como indicador potencial de incorporación, como rastrojo y materia orgánica. La biomasa es la cantidad total de materia en un área determinada o en uno de sus niveles tróficos (Martínez y Leyva 2014).

Presencia de nódulos. Se realizó un conteo de nódulos activos e inactivos, con el objetivo de monitorear la actividad biológica en el suelo de las bacterias rizobias del género *Rhizobium* en *C. ensiformis* (Hernández *et al.* 2012) y *D. lablab* (Ángeles y Tesén 2019) y del género *Bradyrhizobium* en *C. juncea* (Guamán *et al.* 2016) y *V. unguiculata* (Cuadrado *et al.* 2009), para eso se colectaron muestras de 10 raíces en cada unidad experimental, realizando el conteo de nódulos en toda la raíz. Posteriormente se verificó la coloración, para esto los nódulos se abrieron con un bisturí y así visualizar la coloración que presentaban. Para determinar que un nódulo está activo la coloración esperada es un color rosa o rojo, esta coloración es causada por la presencia de la proteína leghemoglobina, sin embargo, esta proteína puede pasar a ser color verde u oscura indicando la senescencia del nódulo (Vikman y Vessey 1993). Este proceso se llevó a cabo en el laboratorio de Biotecnología Aplicada de la Unidad de Investigación y Desarrollo de Cultivos de Zamorano. También se evaluó el nitrógeno y materia orgánica en el suelo, mediante un análisis de suelo realizado al momento de la siembra y al inicio de la floración, estos análisis fueron realizados en el Laboratorio de suelos de Zamorano.

Datos agronómicos. Durante el experimento también se tomaron datos de carácter agronómico como el peso de 100 granos de cada leguminosa y días a inicio de floración. Como días a inicio de floración se tomó el tiempo en el que el 30% de cada leguminosa presentaban botones florales.

Diseño experimental

Se utilizó el diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, con un total de 20 unidades experimentales. Las variables área de cobertura foliar, incidencia de malezas, biomasa y nodulación se analizaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) y se determinaron las diferencias entre los tratamientos con la prueba múltiple de medias de Duncan con un nivel de significancia de ($P \leq 0.05$) en el programa “Statistical Analysis System” (SAS versión 9.4[®]). Para los datos de nitrógeno y materia orgánica en el suelo se realizó un análisis comparativo.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las leguminosas *Vigna unguiculata*, *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis* y *Dolichos lablab* llegaron a floración a los días 60, 70, 90 y 120 respectivamente. Se obtuvo el peso de 100 semillas de cada leguminosa, para saber qué cantidad de semilla se necesita para sembrar una hectárea, teniendo como resultados que se necesitan 23 kg/ha para *Vigna unguiculata*, 6.78 kg/ha para *Crotalaria juncea*, 439.36 kg/ha para *Canavalia ensiformis* y 44.79 kg/ha para *Dolichos lablab*, esta cantidad de semillas se calculó con la densidad de siembra utilizada en esta investigación la cual fue de 166,660 plantas/ha.

Área de cobertura foliar

Al día 16, *C. ensiformis* y *D. lablab* difieren estadísticamente de los demás tratamientos, teniendo una mayor cobertura, así mismo, al día 37, *C. ensiformis* presentó una mayor área, sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre *V. unguiculata*, *C. ensiformis* y *D. lablab*. Por otro lado, en el día 57, *C. ensiformis* y *V. unguiculata* presentaron una mayor área foliar, difiriendo estadísticamente de los demás cultivos de cobertura (Cuadro 2).

Al día 16 después de la siembra (Cuadro 2), los cultivos se encontraban con dos o más hojas, por ende, se encontró un área mínima de cobertura, sin embargo, *C. ensiformis* presentó mayor cobertura, debido a una hoja más grande al inicio de las etapas vegetativas, comparada con los demás cultivos. Por otro lado, al día 37, los cultivos ya presentaban un buen índice de cobertura, donde se pudo notar un área foliar arriba del 50% en todos los tratamientos. *C. ensiformis* tuvo mayor cobertura (72%), por el tamaño de su hoja, esto beneficia el suelo, ya que mejora ciertas características físicas, según Portillo (2014) *C. ensiformis* aumenta la retención de humedad en el suelo al formar mulch. Por otro lado, *C. juncea* tuvo menor cobertura al día 37, debido a que su hoja es pequeña, además, la forma erecta del cultivo no permite cubrir una mayor área.

V. unguiculata presentó mayor área de cobertura a los 57 días, debido a su hábito de crecimiento de enredadera, según Davis *et al.* (1991) la cobertura de *V. unguiculata* se compara favorablemente con el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa L.*). Al igual que en el día 37 *C. juncea* presentó menor cobertura debido a su morfología erecta, pero a pesar de esto cubrió más del 50% del área. Es importante enfatizar que los cultivos: *V. unguiculata* y *C. ensiformis*, tuvieron mayores resultados a lo largo del ciclo.

Cuadro 2. Área de cobertura foliar de los diferentes tratamientos implementados en el experimento a los 16, 37 y 57 DDS en Zamorano, Honduras.

Tratamiento	Cobertura foliar (%)		
	16 DDS	37 DDS	57 DDS
<i>Vigna unguiculata</i>	3 b [¥]	66 ab	95 ab
<i>Canavalia ensiformis</i>	5 a	72 ab	86 ab
<i>Dolichos lablab</i>	5 a	61 ab	82 b
<i>Crotalaria juncea</i>	3 b	54 b	64 c
Testigo	0 c	0 c	0 d

DDS: Días después de la siembra

[¥]Medias con distinta letra en la columna indican diferencia significativa entre los tratamientos ($P \leq 0.05$)

Incidencia de malezas

Al día 15 se realizó la primera cuantificación y clasificación de las malezas donde se obtuvo una presencia de 25 malezas: *Emilia fosbergii*, *Sclerocarpus phyllocephalus*, *Eclipta alba*, *Commelina difusa*, *Echinochloa colona*, *Digitaria sanguinalis*, *Leptochloa filiformis*, *Macroptilium atropurpureum*, *Amaranthus hybridus*, *Portulaca oleracea*, *Cenchrus echinatus*, *Lagascea mollis*, *Balbastro coromandelianum*, *Eleusine indica*, *Cynodon nlemfuensis*, *Bidens pilosa*, *Kallstroemia máxima*, *Nicandra physalodes*, *Melampodium divaricatum*, *Mollugo verticillata*, *Ipomoea nil*, *Mimosa púdica*, *Merremia quinquefolia*, *Cyperus rotundus* y *Richardia scabra*, sin embargo, solo se analizó la maleza que tuvo mayor incidencia en las parcelas experimentales la cual fue *Cyperus rotundus* L. (88%).

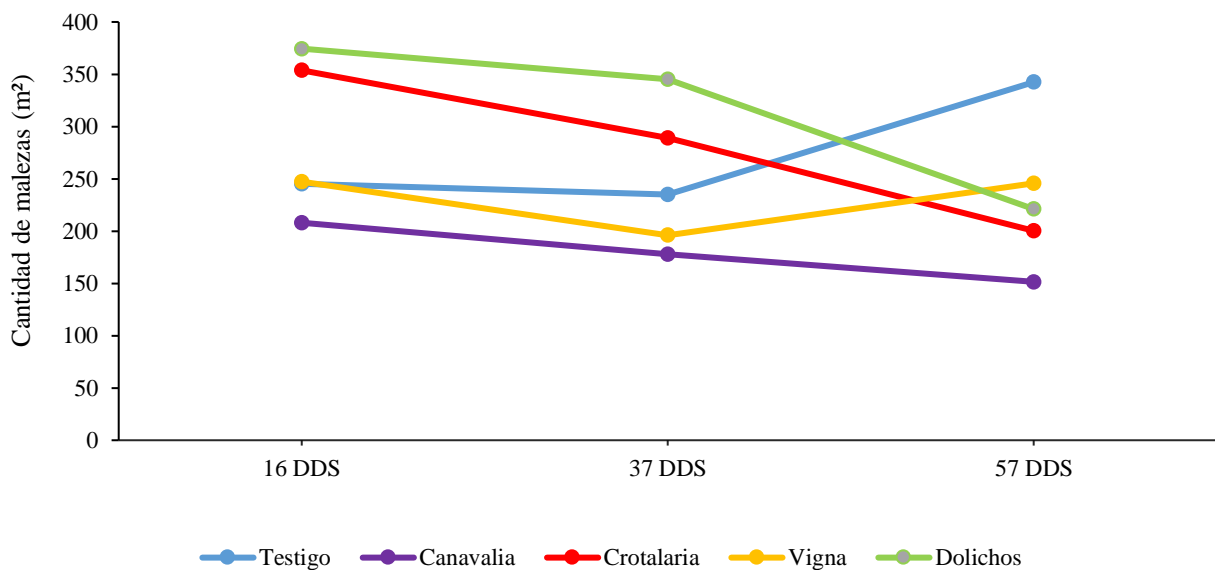
El efecto de la cobertura foliar en la incidencia de la maleza *Cyperus rotundus* no presentó diferencias estadísticas significativas, sin embargo, *C. juncea* y *D. lablab* tuvieron menor incidencia de *C. rotundus* (Figura 1). Estos resultados no variaron, debido a que la capacidad de cobertura a los 16 días no era tan amplia para provocar una disminución de la presencia de la maleza, sin embargo, el tratamiento de *C. ensiformis*, presentó menos cantidad de esta maleza (208/m²) comparado con la parcela testigo (245/m²), estos resultados difieren a lo reportado por Gomez y Lara (2016) donde tuvieron una mayor reducción de malezas con el cultivo de *C. juncea* a los 15 días.

En este experimento, a los 16 días el cultivo de *C. ensiformis* presentó hojas más grandes que los demás tratamientos, por ende, menor incidencia de malezas, según Balañá *et al.* (2010) *Canavalia ensiformis* perjudica el crecimiento de *Cyperus rotundus* debido a que solo permite que de 1-1.5% de luz solar llegue al suelo. El rápido crecimiento de *C. ensiformis* es debido a que es un cultivo de días cortos, lo que indica que, si recibe menor cantidad de luz, se desarrolla más rápido, cabe recalcar que durante el experimento se tuvieron días con poca luminosidad debido a que empezaba la época de invierno en la zona.

Al día 37, se observa una disminución de *C. rotundus*, debido a que todos los tratamientos ya presentaban una cobertura mayor del 50% del área. Los tratamientos de *V. unguiculata* (196/m²) y *C. ensiformis* (178/m²) presentaron una mejor reducción de esta maleza con respecto a la parcela

testigo (235/m²), debido a que proporcionaban una mejor cobertura evitando la entrada de luz al suelo, contrario a esto, Rubio (2006), obtuvo un aumento de *C. rotundus* a los 30 días, debido a que las coberturas no habían cerrado por completo. Por otro lado, *D. lablab* y *C. juncea* presentaron menor incidencia de la maleza con respecto al primer muestreo, sin embargo, estos tratamientos presentaron mayor presencia de maleza que la parcela testigo. Es importante resaltar que la disminución de malezas en todos los tratamientos incluyendo el testigo, es debido a que se realizó un control de malezas manual en el día 19, reduciendo parte de la población de malezas para la segunda toma de datos. En el tercer muestreo (57 días), *C. ensiformis* es el cultivo que tuvo la menor población de *C. rotundus* con respecto a la parcela testigo, debido a su amplio crecimiento.

Al final del ciclo (57 días), todos los tratamientos tuvieron una incidencia menor de *C. rotundus* con respecto a la parcela testigo, *C. juncea* tuvo la mayor reducción de malezas, logrando disminuir la población de *C. rotundus* un 46% comparado con la población del primer muestreo, esto puede ser por su crecimiento de forma erecta, ya que, según Aldrich (1984) al lograr una altura promedio de 1.60 m en 57 días y una buena producción de follaje, estas características interfieren en la captación de luz de malezas afectando así la fotosíntesis de estas, estos resultados concuerda con Gomez y Lara (2016), donde el cultivo de *C. juncea* también presentó una reducción de malezas considerable comparando la primera y última toma de datos de su investigación. En el caso de *V. unguiculata* se obtuvieron datos similares al primer muestreo, demostrando que este cultivo a pesar de tener una buena cobertura, el desarrollo de la maleza no sufría cambios debido a que la hoja de este cultivo permite más el paso de la luz solar que los demás tratamientos.



DDS: Días después de siembra

Figura 1. Efecto de los tratamientos en el control de *Cyperus rotundus*.

Biomasa

En el aporte de biomasa se tomaron los pesos como materia fresca y como materia seca, encontrando diferencias significativas entre los tratamientos de *C. ensiformis* y *V. unguiculata* en el peso de materia seca, siendo *C. ensiformis* el que aporta mayor cantidad de biomasa al suelo, en el caso de *D. lablab* y *C. juncea* aportaron una cantidad de biomasa similares, por último, *V. unguiculata* proporcionó la menor cantidad de biomasa (Cuadro 3).

Debido al tamaño en las hojas y tallo leñoso que aporta buena parte de lignina y hemicelulosa *C. ensiformis*, presentó mayor cantidad de materia seca, por otro lado, *D. lablab* tiene un crecimiento tipo enredadera y logra producir gran cantidad de follaje y en el caso de *C. juncea* aporta una cantidad considerable de biomasa debido a su altura y tallo leñoso rico en lignina y hemicelulosa, sin embargo, no aportaron más que *C. ensiformis*. Por último, *V. unguiculata*, a pesar, de ser un cultivo de crecimiento tipo enredadera y tener la capacidad de producir gran cantidad de follaje, tuvo menor cantidad de materia seca, por sus hojas y tallo de menor grosor comparado a los demás tratamientos.

Los cultivos de cobertura no son incorporados al suelo, estos cultivos quedan en la superficie, aportando nutrientes que se encuentran en la biomasa, al ser descompuesta, incrementan el carbono (C) y nitrógeno (N) en el suelo siendo utilizado por el cultivo siguiente (Ruffo y Parsons 2004). Además, los cultivos de cobertura proveen grandes cantidades de residuos orgánicos al suelo, en la cual la relación C:N, celulosa, hemicelulosa y lignina cumplen un papel importante en la dinámica del N y C en el suelo, haciéndose disponibles para los cultivos futuros (Pereira *et al.* 2012). Según Millar *et al.* (2004) si la mineralización del N liberado por los residuos de las leguminosas es muy rápida, este nutriente puede perderse por volatilización, lixiviación o desnitrificación debido a que no es tomado por las raíces de los cultivos que se implementan.

Cuadro 3. Aporte de biomasa como materia fresca (MF) y seca (MS) de los tratamientos para uso como potencial incorporación de materia orgánica al suelo.

Tratamiento	Biomasa MF (t/ha)	Biomasa MS(t/ha)
<i>Canavalia ensiformis</i>	22	5.0 a [‡]
<i>Crotalaria juncea</i>	15	4.1 ab
<i>Dolichos lablab</i>	18	3.7 ab
<i>Vigna unguiculata</i>	16	3.1 b
Testigo	0	0.0 c

[‡] Medias con distinta letra en la columna indican diferencia significativa entre los tratamientos ($P \leq 0.05$)

Presencia de nódulos

Los nódulos aparecen de 4 a 6 semanas después de la siembra del cultivo y alcanzan su actividad máxima al inicio y durante la floración (Pommeresche y Hansen 2017). Se encontraron diferencias significativas en la nodulación de *C. juncea* y *D. lablab*.

C. juncea presentó la mayor cantidad de nódulos, sin embargo, estos eran los de menor tamaño comparado con los demás tratamientos, por otro lado, *C. ensiformis* presentó nódulos de tamaño grande, pero, en menor cantidad. En el caso de *V. unguiculata* y *D. lablab* tuvieron nódulos tamaño medio y en bajas cantidades, siendo la presencia de la especie de bacteria fijadora de nitrógeno la que influyó en las distintas formas de nodulación (Cuadro 4).

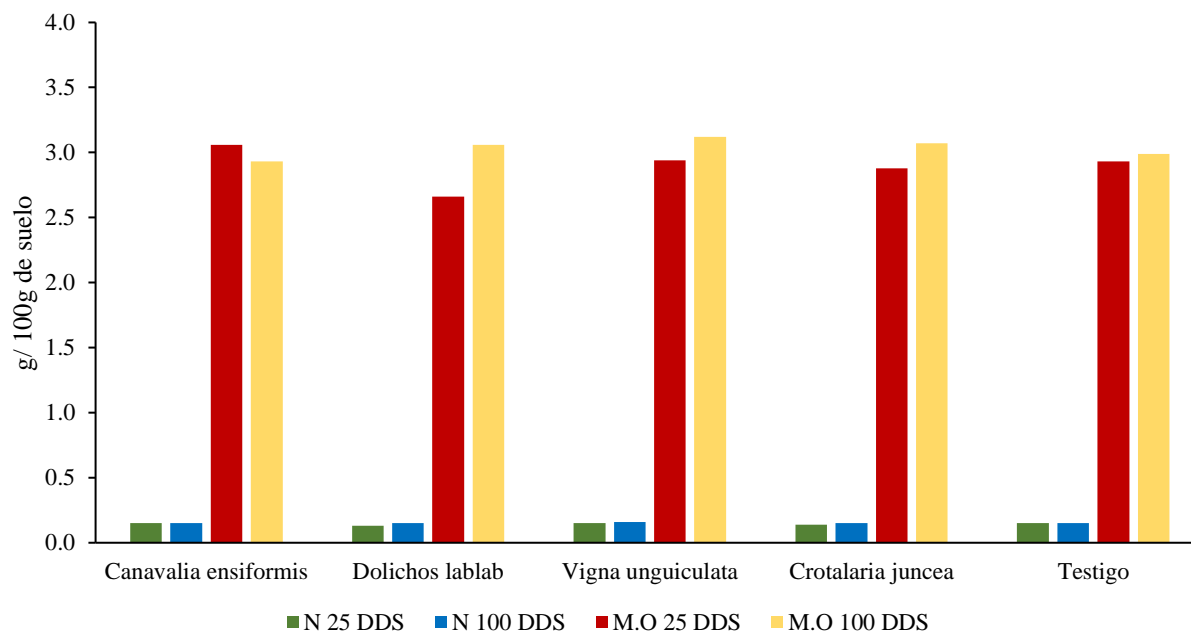
Cuadro 4. Conteo y tamaño de nódulos en los tratamientos, para observar presencia de bacteria fijadora de nitrógeno en el suelo.

Tratamiento	Cantidad de nódulos (nódulos/10 plantas)	Tamaño de nódulo
<i>Crotalaria juncea</i>	86.8 a [‡]	Pequeño
<i>Canavalia ensiformis</i>	40.0 ab	Grande
<i>Vigna unguiculata</i>	76.8 ab	Medio
<i>Dolichos lablab</i>	30.8 b	Medio

[‡]Medias con distinta letra en la columna indican diferencia significativa entre los tratamientos ($P < 0.05$)

El aporte de nitrógeno y materia orgánica al suelo, al inicio y a la floración de los cultivos se ve reflejado en la Figura 2. En el día 25 todas las parcelas indicaron niveles bajos de N, ya que, según el laboratorio de suelos de la EAP, el rango óptimo de nitrógeno en el suelo es de 0.20 – 0.50 g/100g, de igual manera, en el día 100 los resultados se mantuvieron bajos. En el caso de *V. unguiculata*, aumentó el N (0.1 g), a pesar de tener una cantidad considerable de nódulos senescentes, quizás estos al haber cumplido su vida útil, liberaron el nitrógeno captado, lo que provocó el aumento. En cuanto a *C. juncea*, el aumento (0.1 g) pudo ser debido a la alta capacidad de nodulación que este cultivo tuvo, por otro lado, *D. lablab* pudo aumentar el N del suelo (0.2 g), debido a tener una mayor cantidad de nódulos activos, logrando aportar un poco de N al suelo. La senescencia de los nódulos es un proceso degradativo, normalmente causado por la llegada de la maduración en las plantas, disminuyendo la actividad fijadora de N₂, proteína soluble y aumentando actividades hidrolíticas (Sutton 1983).

Al día 25, todos los tratamientos presentaban un nivel normal de materia orgánica (M.O), ya que, según el laboratorio de suelos de la EAP, el rango óptimo de M.O en el suelo es de 2.00-4.00 g/100g, al día 100, el contenido de M.O aumentó en todos los tratamientos excepto en el cultivo de *C. ensiformis*, sin embargo, los resultados se mantuvieron en el rango normal. Se observa tanto en nitrógeno y materia orgánica una tendencia a seguir aumentando a mediano y largo plazo.



DDS: Días después de siembra

Figura 2. Aporte de nitrógeno y materia orgánica de cada leguminosa al suelo al inicio y final de la investigación.

4. CONCLUSIONES

- Las leguminosas *Canavalia ensiformis* y *Vigna unguiculata* tuvieron mayor área de cobertura foliar, sin embargo, *Crotalaria juncea* fue la que tuvo menor incidencia de *Cyperus rotundus*.
- De los cuatro cultivos evaluados el que aporta mayor biomasa es *Canavalia ensiformis* logrando aportar 5 t/ha de materia seca.
- Se observó presencia de nódulos activos en todos los tratamientos, evidenciando la actividad biológica de rizobios en el suelo.

5. RECOMENDACIONES

- Investigar el efecto a largo plazo de los cultivos de cobertura en las características del suelo y supresión de malezas en Zamorano.
- Seguir evaluando estas especies de cultivos de cobertura tomando en cuenta el aporte de nitrógeno que pueden ofrecer a largo plazo.
- Se recomienda hacer una investigación inoculando la bacteria en la zona para medir la fijación de nitrógeno de cada leguminosa.

6. LITERATURA CITADA

- Aldrich RJ. 1984. Weed-crop ecology. 1^a ed. North Scituate: Breton Publ. 465p. ISBN: 0534028330.
- Ángeles Cumpa AA, Tesén Villanueva JF. 2019. Infectividad y efectividad de rizobios en *Lablab purpureus*(L.) Sweet “Frijol chileno”. [Tesis]. Lambayaque, Perú: Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo; [consultado el 26 de mayo de 2020]. <http://repositorio.unprg.edu.pe/bitstream/handle/UNPRG/4453/BC-TES-TMP-3273.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- Baca BE, Soto Urzúa L, Pardo Ruiz PA. 2000. Fijación biológica de nitrógeno. Elementos: Ciencia y Cultura. 7(38):43-49.
- Balañá P, Pérez O, Alfaro M, Fernández M. 2010. Crotalaria juncea, Canavalia ensiformis and Mucuna sp. As Possible Nitrogen Sources for Fertilisation in Sugarcane Commercial Nurseries. Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol. 27:1-9
- Buratovich M, Acciaresi H. 2017. Cultivos de cobertura como moduladores de emergencia de malezas naturales. RTA, 10(35): 47-50: https://inta.gov.ar/sites/default/files/cultivos_de_cobertura_como_moduladores_de_la_emergencia_de_malezas_naturales.pdf
- Castro E, Mojica J, Carulla J, Lascano C. 2018. Abonos verdes de leguminosas: integración en sistemas agrícolas y ganaderas del trópico. Agronomía Mesoamericana. 29(3):711-729.
- Constantin J, Mary B, Laurent F, Aubrion G, Fontaine A, Kerveillant P, Beaudoin N. 2010. Effects of catch crops, no till and reduced nitrogen fertilization on nitrogen leaching and balance in three long-term experiments. Agriculture, ecosystems & environment. 135(4): 268-278.
- Cuadrado B, Rubio G, Santos W. 2009. Caracterización de cepas de *Rhizobium* y *Bradyrhizobium* (con habilidad de nodulación) seleccionados de los cultivos de fríjol caupi (*Vigna unguiculata*) como potenciales bioinóculos. Revista Colombiana de Ciencias Químico-Farmacéuticas. 38(1).
- Davis D, Oelke E, Oplinger J, Doll C, Hanson C, Putnam D. 1991. Alternative Field Crops Manual: Cowpea. University of Minnesota: Center for Alternative Plant and Animal Products and the Minnesota Cooperative Extension Service. [Consultado 04 de septiembre, 2020] <https://hort.purdue.edu/newcrop/afcm/index.html>.
- Gaitán M, Mairena H. 2017. Cuantificación de la fijación biológica de nitrógeno por cuatro especies de leguminosas mediante el método de abundancia natural. [Tesis] Nicaragua: Universidad Nacional Agraria. p. 53 [Consultado 14 de agosto 2020] <https://repositorio.una.edu.ni/3662/1/tnf04g144.pdf>
- Gomez L, Lara R. 2016. Efecto de cultivos de cobertura en el control de malezas, aporte de materia seca y la biodiversidad de artrópodos del suelo. [Tesis] Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. P 25 [Consultado 23 de Agosto, 2020] <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5850/1/CPA-2016-T054.pdf>
- Gómez R, Gonzáles M. 2018. Respuesta de cinco leguminosas de cobertura a la fertilización fosfórica1. The journal of mesoamerican agronomy begins a new period.

- Guamán F, Torres R, Granda K, Nápoles M. 2016. Aislamiento y caracterización de rizobios de *Crotalaria* sp. En el sur de Ecuador. Cultivos tropicales. 37(1): 40-47.
- Hernández I, Nápoles M, Rosales P, Pérez G, Baños R, Ramírez J. 2012. Caracterización fenotípica de aislados de rizobios procedentes de la leguminosa forrajera *Canavalia ensiformis*. Cultivos tropicales. 33(4): 21-28.
- Jiménez P, Cortés H, Ortiz S. 2005. Rendimiento forrajero y calidad del ensilaje de canavalia en monocultivo y asociada con maíz. Acta Agronómica. 54(2):31-36.
- Martínez A, Leyva A. 2014. La biomasa de los cultivos en el agroecosistema. Sus beneficios agroecológicos. Cultivos Tropicales. 35(1): 11-20.
- Millar N, Ndufa J, Cadisch G, Baggs E. 2004. Nitrous oxide emissions following incorporation of improved-fallow residues in the humid tropics. Global Biogeochem. Cycles. 18(1):GB1032 doi:10.1029/2003GB002114
- [FAO] Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. 2015. Resumen Técnico. Roma, Italia: Grupo Técnico Intergubernamental del Suelo y Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Recuperado el 13 de Septiembre de 2020, de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Grupo Técnico. [Consultado 13 de septiembre, 2020] <http://www.fao.org/3/a-i5126s.pdf>
- Pasternak D. 2013. Lablab (*Lablab purpureus*), un nuevo cultivo básico para el Sahel sudanés. ECHO Notas de desarrollo. [Consultado 17 de septiembre, 2020] <https://www.echocommunity.org/es/resources/dfaa35db-a31c-4ce2-ba05-ef52d8b60e6c/download>
- Pommeresche R. Hansen S. 2017. Examen de la actividad de los nódulos en raíces de leguminosas. [Consultado 10 de junio 2020] <https://orgprints.org/32468/1/pommeresche-hansen-2017-root-nodules-spanish.pdf>
- Portillo O. 2014. Evaluación del efecto de tiempos de siembra de *Canavalia ensiformis* sobre el control de malezas y el aporte de materia orgánica al suelo en el cultivo de caña de azúcar variedad CP 72-2086. [Tesis] Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala. P 54. [Consultado 05 de septiembre, 2020] <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrzd/2018/06/17/Veliz-Luz.pdf>
- Prager M, Sanclemente O, Sánchez M, Miller J, Ángel D. 2012. Abonos verdes: Tecnología para el manejo agroecológico de los cultivos. Agroecología [Consultado 21 de agosto de 2020]. 7(1): 53-62. <https://revistas.um.es/agroecologia/article/view/170991>
- Primavesi A. 2002. Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais. NBL Editora.
- Puertas F, Arévalo E, Zúñiga L, Alegre J, Loli O, Soplin H, Baligar V. 2008. Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la Amazonía Peruana. Ecología Aplicada. 7(1,2): 23-28.
- Rivero M, Gaibor R, Reyes J, Mozen W, Petrônio E. 2016. Abonos verdes y su influencia en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en sistema agroecológico. Centro Agrícola. 43(2): 42-48 http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S025357852016000200006&lng=es&tlng=es.

- Ruffo M, Parsons A. 2004. Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. *Informaciones agronómicas del cono sur*, (21): 13-16.
- Rubio J. 2006. Efecto de Canavalia, Dolichos, Mucuna y Cowpea en la población de coyolillo (*Cyperus rotundus*), insectos, nematodos y fertilidad del suelo. [Tesis]. Honduras: Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. 34 p; [consultado el 7 de jun. de 2020]. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/937/1/T2311.pdf>.
- Sá Pereira E, Galantini J, Quiroga A. 2012. Análisis de calidad de cultivos de cobertura de invierno bajo siembra directa. In XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, del (Vol. 16).
- Sánchez C, de Souza Z, Matsura E, de Freitas N. 2010. Efecto de la cobertura en las propiedades del suelo y en la producción de frijol irrigado. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 13(2): 41-50.
- Sutton, W. 1983. Nodule development and senescence. *Nitrogen Fixation Legumes*, 3, 144-212.
- Vikman P, Vessey J. 1993. Ontogenetic changes in root nodule subpopulations of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). III. Nodule formation, growth and degradation. *J. Exp. Bot.* 44: 579-586.

7. ANEXOS

Anexo 1. Distribución espacial aleatoria de los tratamientos de cultivo de cobertura en el lote de parcelas, Escuela Agrícola Panamericana, Honduras.

REP #4	VIGNA SPP	TESTIGO	CANAVALIA	DOLICHOS	CROTALARIA
REP #3	CANAVALIA	DOLICHOS	CROTALARIA	VIGNA SPP	TESTIGO
REP #2	CROTALARIA	VIGNA SPP	TESTIGO	CANAVALIA	DOLICHOS
REP #1	TESTIGO	CANAVALIA	DOLICHOS	CROTALARIA	VIGNA SPP

Anexo 2. Malezas encontradas en las unidades experimentales durante la investigación, días después de siembra (DDS).

MALEZAS	16 DDS	37 DDS	57 DDS	TOTAL POR MALEZA
<i>Richardia scabra</i>	208	66	92	366
<i>Emilia fosbergii</i>	237	56	69	362
<i>Sclerocarpus phyllocephalus</i>	43	44	12	99
<i>Eclipta alba</i>	25	115	81	221
<i>Commelina diffusa</i>	118	34	53	205
<i>Echinochloa colona</i>	193	41	9	243
<i>Digitaria sanguinalis</i>	3	5	4	12
<i>Leptochloa filiformis</i>	42	35	15	92
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	5	1	0	6
<i>Amaranthus hybridus</i>	10	17	7	34
<i>Portulaca oleracea</i>	13	11	4	28
<i>Cenchrus echinatus</i>	17	7	0	24
<i>Cyperus rotundus</i>	5714	4973	4644	15331
<i>Lagascea mollis</i>	42	17	34	93
<i>Balbastro coromandelianum</i>	18	5	3	26
<i>Eleusine indica</i>	9	1	0	10
<i>Cynodon nlemfuensis</i>	13	8	5	26
<i>Bidens pilosa</i>	105	26	4	135
<i>Kallstroemia maxima</i>	19	16	2	37
<i>Nicandra physalodes</i>	2	3	4	9
<i>Melampodium divaricatum</i>	25	8	25	58
<i>Mollugo verticillata</i>	14	15	4	33
<i>Ipomoea nil</i>	1	2	3	6
<i>Mimosa pudica</i>	6	1	2	9
<i>Merremia quinquefolia</i>	1	0	0	1
TOTAL POR MUESTREO	6883	5507	5076	

Anexo 3. Resultados del primer análisis de suelo del lote de parcelas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

ZAMORANO		LABORATORIO DE SUELOS ZAMORANO				LSZ-F10708-1	
ZAMORANO		INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS				Versión V02	
Sistema de Gestión de Calidad ISO 17025							
Solicitante	Fecha Ingreso Muestra	Fecha Envío Informe	Procedencia de la muestra			Página	
Raúl Velado Hernández (Tesis)	2020-06-15	2020-07-17	Lote Parcelas, detrás de bodega de herramientas del modulo de frutales			1 de 1	
Dirección del cliente	N° Lote de Análisis	Cultivo	Informe N°			Anexo Recomendación	
EAP, Zamorano	2020-10	----	2020-116			Sí:	No: x

Bajo
Normal
Alto

Código Interno Lab.	Muestra	pH* (H ₂ O)	g/100g			mg/kg (extractable)						g/100g
			C.O.	M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	Na	N	
20-S-1509	Parcelas (Testigo)	6.25	1.70	2.93	0.15	20	592	2973	271	6	0.16	
20-S-1510	Parcelas (Cannavalia)	6.29	1.78	3.06	0.15	34	720	2919	274	ND	0.16	
20-S-1511	Parcelas (Crotalaria)	6.44	1.67	2.88	0.14	30	685	2938	266	3	0.17	
20-S-1512	Parcelas (Dolichos)	6.20	1.54	2.66	0.13	28	668	2764	261	ND	0.13	
20-S-1513	Parcelas (Vigna)	6.31	1.70	2.94	0.15	28	714	2484	269	ND	0.14	

ND: NO DETECTADO

Rango Medio	2.00	0.20	13	Por: Saturación de bases
	4.00	0.50	30	

Métodos: K, Ca, Mg, Na: Solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica. P: Solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría. % Carbono Orgánico: Metodo de Walkley & Black para suelos minerales no salinos. % N total: 5% de M.O. pH: 1:1 en agua: AOAC 994.16 rango de 4,00-10,00 con incertidumbre de ±0,10. N: AOAC 2001.11

Anexo 4. Resultados del segundo análisis de suelo del lote de parcelas de la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

ZAMORANO		LABORATORIO DE SUELOS ZAMORANO				LSZ-F10708-1	
ZAMORANO		INFORME DE RESULTADOS DE ANÁLISIS DE SUELOS				Versión V02	
Sistema de Gestión de Calidad ISO 17025							
Solicitante	Fecha Ingreso Muestra	Fecha Envío Informe	Procedencia de la muestra			Página	
Raúl Velado Hernández (Tesis)	2020-08-28	2020-09-17	Lote Parcelas, detrás de bodega de herramientas del modulo de frutales			1 de 1	
Dirección del cliente	N° Lote de Análisis	Cultivo	Informe N°			Anexo Recomendación	
EAP, Zamorano	2020-12	----	2020-166			Sí:	No: x

Bajo
Normal
Alto

Código Interno Lab.	Muestra	pH* (H ₂ O)	g/100g			mg/kg (extractable)						g/100g
			C.O.	M.O.	N total	P	K	Ca	Mg	Na	N	
20-S-1951	Parcelas Testigo	6.25	1.73	2.99	0.15	18	684	2343	224	ND	0.14	
20-S-1952	Parcelas Dolichos	6.23	1.77	3.06	0.15	25	801	2393	236	ND	0.14	
20-S-1953	Parcelas Cannavalia	6.28	1.70	2.93	0.15	30	788	2455	239	ND	0.16	
20-S-1954	Parcelas Vigna	6.08	1.81	3.12	0.16	44	770	2360	226	ND	0.14	
20-S-1955	Parcelas Crotalaria	6.20	1.78	3.07	0.15	36	758	2471	214	ND	0.16	

ND: NO DETECTADO

Rango Medio	2.00	0.20	13	Por: Saturación de bases
	4.00	0.50	30	

Métodos: K, Ca, Mg, Na: Solución extractora Mehlich 3, determinados por espectrofotometría de absorción atómica. P: Solución extractora Mehlich 3, determinado por colorimetría. % Carbono Orgánico: Metodo de Walkley & Black para suelos minerales no salinos. % N total: 5% de M.O. pH: 1:1 en agua: AOAC 994.16 rango de 4,00-10,00 con incertidumbre de ±0,10. N: AOAC 2001.11

Anexo 5. Peso de 100 semillas de cada leguminosa, cantidad de semilla requeridas para una siembra a una densidad de 166,666 plantas/ha y días a floración de los cultivos.

Tratamiento	Peso de semillas (kg)	Kg/ha	Días de floración
<i>Canavalia ensiformis</i>	0.142	441	90
<i>Crotalaria juncea</i>	0.004	6.81	70
<i>Vigna unguiculata</i>	0.014	23	60
<i>Dolichos lablab</i>	0.027	45	120